

27.12.2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 1 月 2 0 日
Date of Application:

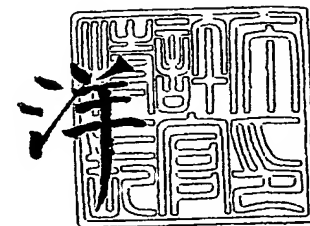
出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 0 1 2 3 8 1
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 4 - 0 1 2 3 8 1]

出 願 人 本 田 技 研 工 業 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

2 0 0 5 年 2 月 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特 2 0 0 5 - 3 0 0 6 8 5 9

【書類名】 特許願
【整理番号】 H103330301
【提出日】 平成16年 1月20日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 B22D 18/02
【発明者】
 【住所又は居所】 埼玉県狭山市新狭山1丁目10番地1 ホンダエンジニアリング株式会社内
 【氏名】 松浦 聡司
【発明者】
 【住所又は居所】 埼玉県狭山市新狭山1丁目10番地1 ホンダエンジニアリング株式会社内
 【氏名】 庄子 広人
【発明者】
 【住所又は居所】 埼玉県狭山市新狭山1丁目10番地1 ホンダエンジニアリング株式会社内
 【氏名】 越後 隆治
【発明者】
 【住所又は居所】 埼玉県狭山市新狭山1丁目10番地1 ホンダエンジニアリング株式会社内
 【氏名】 原 昌司
【発明者】
 【住所又は居所】 埼玉県狭山市新狭山1丁目10番地1 ホンダエンジニアリング株式会社内
 【氏名】 高野 拓樹
【発明者】
 【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
 【氏名】 豊田 裕介
【発明者】
 【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
 【氏名】 柴田 勝弘
【発明者】
 【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
 【氏名】 水上 貴博
【発明者】
 【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
 【氏名】 柴田 博英
【特許出願人】
 【識別番号】 000005326
 【氏名又は名称】 本田技研工業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100067356
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 下田 容一郎
【選任した代理人】
 【識別番号】 100094020
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 田宮 寛社

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 004466

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 特許請求の範囲 1

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9723773

【包括委任状番号】 0011844

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

マトリックスが金属で、補強材がセラミックスである金属基複合材料を用いたピレットを所定温度に加熱し、この所定温度のピレットを金型で加圧して成形する金属基複合材製成形品の成形方法において、成形前のピレット高さを H 、成形後のピレット高さを h_1 とし、 (H/h_1) を圧縮比と定め、

前記圧縮比を成形品の部位別に変えることで、成形品のセラミックス体積含有率を部位別に異ならせることを特徴とする金属基複合材製成形品の成形方法。

【請求項 2】

前記ピレットは、部位別に高さに変化をもたせたことを特徴とする請求項 1 記載の金属基複合材製成形品の成形方法。

【請求項 3】

前記金型は、分割金型を用いることを特徴とする請求項 1 記載の金属基複合材製成形品の成形方法。

【請求項 4】

前記金型は、ピレットに接触する部位に断熱手段を施したものをを用いることを特徴とする請求項 1 記載の金属基複合材製成形品の成形方法。

【請求項 5】

前記マトリックスは、アルミニウム合金を用い、前記セラミックスはアルミナの凝集体を用いたことを特徴とする請求項 1、請求項 2、請求項 3 又は請求項 4 記載の金属基複合材製成形品の成形方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】金属基複合材製成形品の成形方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、金属基複合材製成形品の成形方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

金属基複合材料を用いて製品の特定部分の強度を高める製造方法がある。強度をそれほど必要としない部分に通常の金属を使用し、強度が必要な部分に金属基複合材料を一体的に用いることで、強度の確保と生産コストの削減を図っている（例えば、特許文献1参照。）。

一方、金属基複合材料を用いて、冷却性性能をよくした製品の製造方法がある。この製造方法は、金属基複合材製のブロックをプレス機で押し、金属基複合材料の母材と補強材とを分けるようにして補強材を偏らせる技術で、偏らせた補強材の熱伝導率によって、成形品の冷却性性能が向上する（例えば、特許文献2参照。）。

【特許文献1】特開2001-316740公報（第7頁、図10）

【特許文献2】特開2002-66724公報（第5頁、図1）

【0003】

特許文献1を次図に基づいて説明する。

図28は、従来の複合材を一部に用いたプーリの製造方法を説明する図である。

プーリ301は、中央に複合材製のハブ302を設け、ハブ302にアルミニウム合金製のディスク303を一体的に形成し、ディスク303に緩衝部材304を介して溝部305を嵌合したもので、プーリ301を軸に取り付ける際のボルトの締め付け力を、強度の高いハブ302で受けることができる。

プーリ301の製造方法は、まず、複合材料を押出し成形で筒にし、筒を切断してハブ302を形成する。その次に、ハブ302をプーリ用鑄造金型にセットして、金型に溶解したアルミニウム合金を充填する。

【0004】

特許文献2を次図に基づいて説明する。

図29(a)～(c)は、従来の複合材の製造方法を説明する図である。

(a)において、複合材（製品）311は、基板部312と基板部312の表面に形成したフィン313とで構成したものである。

次に複合材（製品）311の製造方法を簡単に説明する

(b)：第1に、金属基複合材料314をアルミニウム合金315と炭化珪素の微粒子316とで製造し、製造した金属基複合材料314を用いてブロック317を形成する。第2に、ブロック317を、加熱した状態で成形型318（フィン用空間319を有する。）に入れ、ブロック317を加圧する。

(c)：加圧する過程で、アルミニウム合金315がフィン用空間319に流入してアルミニウム合金製のフィン313が成形される。

【0005】

しかし、特許文献1のプーリの製造方法では、複合材製のハブ302及びアルミニウム合金製のディスク303といった二つの部品を別々に加工する工程が必要になり、生産に手間がかかる。

また、複合材製のハブ302を形成する工程及びアルミニウム合金製のディスク303を鑄造する工程の作業内容はともに複雑で、手間がかかる。

【0006】

特許文献2の複合材の製造方法では、製造の手間を省けるが、フィン313内に炭化珪素の微粒子を適度に入れることはできず、特許文献2では目的としていないが、フィン313はアルミニウム合金のみとなり、強度は低下し過ぎる。つまり、フィン313の中央まで炭化珪素を所望の体積含有率だけ分布させることはできず、結果的に複合材料の強度

を生かし難い。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、セラミックス体積含有率を成形品の部位別に異ならせた金属基複合材製成形品をより容易に製造することができる技術を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

請求項1に係る発明は、マトリックスが金属で、補強材がセラミックスである金属基複合材料を用いたビレットを所定温度に加熱し、この所定温度のビレットを金型で加圧して成形する金属基複合材製成形品の成形方法において、成形前のビレット高さをH、成形後のビレット高さをh1とし、 $(H/h1)$ を圧縮比と定め、圧縮比を成形品の部位別に変えることで、成形品のセラミックス体積含有率を部位別に異ならせることを特徴とする。

【0009】

請求項2に係る発明では、ビレットは、部位別に高さに変化をもたせたことを特徴とする。

【0010】

請求項3に係る発明では、金型は、分割金型を用いることを特徴とする。

【0011】

請求項4に係る発明では、金型は、ビレットに接触する部位に断熱手段を施したものをを用いることを特徴とする。

【0012】

請求項5に係る発明では、マトリックスは、アルミニウム合金を用い、セラミックスはアルミナの凝集体を用いたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

請求項1に係る発明では、金属基複合材料を用いたビレットを所定温度に加熱し、この所定温度のビレットを金型で加圧して成形する金属基複合材製成形品の成形方法において、圧縮比を成形品の部位別に変えることで、成形の歪みを部位別に異ならせ、成形品のセラミックス体積含有率を部位別に異ならせるので、セラミックス体積含有率を成形品の部位別に異ならせた金属基複合材製成形品をより容易に製造することができるという利点がある。

【0014】

請求項2に係る発明では、ビレットは、部位別に高さに変化をもたせたので、金型を閉じるだけで、成形品のセラミックス体積含有率を部位別に変えることができ、成形品のセラミックス体積含有率を部位別に変える成形作業は容易になるという利点がある。

【0015】

請求項3に係る発明では、金型は、分割金型を用いるので、分割した型は個別に加圧制御可能で、セラミックス体積含有率を高めたい部位に対応する型をまず最初に加圧する。その後、残りの部位に対向する残りの型を加圧する。その結果、セラミックス体積含有率の異なる部位を多く設けることができるという利点がある。

【0016】

請求項4に係る発明では、金型は、ビレットに接触する部位に断熱手段を施したものをを用いるので、ビレットに接触する部位の熱伝導率を制御しない場合に比べ、成形品の材料の表層と深層のセラミックス体積含有率のばらつきを小さくすることができるという利点がある。

【0017】

請求項5に係る発明では、マトリックスは、アルミニウム合金を用い、セラミックスはアルミナの凝集体を用いたので、溶解したアルミニウム合金とアルミナの凝集体を混合するだけでよく、また、アルミナの凝集体の製造は容易であるから、結果的に、金属基複合

材料の製造は容易であり、セラミックス体積含有率を部位別に変えた成形品の生産効率の向上を図ることができるという利点がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

本発明を実施するための最良の形態を添付図に基づいて以下に説明する。なお、図面は符号の向きに見るものとする。

図1(a)～(c)は、本発明の第1の成形方法で成形した金属基複合材製第1の成形品の説明図である。(a)は第1の成形品の斜視図、(b)は(a)のb部拡大図で模式的に示し、(c)は(a)のc部拡大図で模式的に示す。

【0019】

(a)において、第1の成形品11は、金属基複合材製成形品で、例えば、自動車の部品や産業機械の部品として用いられる。

また、第1の成形品11は、円盤状の板材で、成形品の部位としての中央部12と中央部12に連なる成形品の部位としての周縁部13とからなり、中央部12は、周縁部13の強度より強い。このため、第1の成形品11は、強度をそれほど必要としない部分に周縁部13を配置し、強度が必要な部分に中央部12を配置することで、強度の確保と同時に軽量化を図ることができる。

h1は成形後のピレット高さで、板の厚さに相当する。

第1の成形品11の材質は、金属基複合材であり、金属14とセラミックス15とからなる。

【0020】

(b)において、中央部12は、金属14にセラミックス15を約40%含有させた部位である。

金属14は、アルミニウム合金を用いた。

セラミックス15は、例えば、アルミナの凝集体21・・・(・・・は複数を示す。以下同様。)である。

ここで、セラミックス体積含有率をVfとしたときに、セラミックス体積含有率Vf(%)は、 $(\text{セラミックスの体積} / (\text{マトリックスの体積} + \text{セラミックスの体積})) \times 100$ とする。

中央部12のセラミックス体積含有率VfはVm1(約40%)である。このときのヤング率をEm1とする。

【0021】

(c)において、周縁部13は、金属14にセラミックス15を約18%含有させた部位である。

周縁部13のセラミックス体積含有率VfはVe1(約18%)である。このときのヤング率はEe1で、ヤング率Ee1は、 $Ee1 < Em1$ である。

つまり、第1の成形品11のセラミックス体積含有率Vfは、中央部12から周縁部13に向かって漸減する。その結果、第1の成形品11のヤング率は、中央部12から周縁部13に向かって漸減する。

【0022】

このような金属基複合材製第1の成形品11の第1の成形方法を次に説明する。

第1の成形品11を成形する第1の成形方法は、複合材料製造工程と、ピレット形成工程と、ピレット加熱工程と、加圧工程とからなる。

これらの4工程を具体的に順に説明する。

【0023】

図2(a)～(d)は、本発明の成形方法の複合材料製造工程及びピレット形成工程を説明する図である。

(a)：複合材料製造工程では、マトリックスとセラミックスを混合して金属基複合材料を製造する。具体的には、マトリックスとしては、アルミニウム合金22を用い、アルミニウム合金22としては、A6061を使用した。

セラミックスは、アルミナの凝集体 21・・・を用いる。凝集体 21 を次に説明する。

【0024】

(b) は (a) の b 部拡大図で、凝集体 21 を模式的に示す。凝集体 21 は、アルミナ (Al_2O_3) の粉 23・・・が集まって、一つの塊になったものである。凝集体 21 の粒径は、約 $50\mu m$ 程度である。

アルミナ (Al_2O_3) の粉 23 の径は、約 $1\mu m$ 程度のものを用いた。

【0025】

なお、セラミックスとしては、アルミナ (Al_2O_3) の粉以外のものを用いることも可能である。

また、凝集体を用いたが、凝集体となっていない粉末を用いることも可能である。

さらに、補強材としては、セラミックス以外に炭素繊維（長・短繊維）を挙げることができる。

【0026】

(a) に示すように、まず、アルミニウム合金 22 を所定量重だけ溶解し、溶解したアルミニウム合金 22 に所定重量の凝集体 21・・・を入れ、攪拌する。攪拌したアルミニウム合金 22 を適当な形状、大きさのインゴット型 24 ((c) 参照) に入れ、凝固させることで金属基複合材料 27 ((c) 参照) の塊を得る。

【0027】

(c) : ビレット形成工程では、凝固させることで得た金属基複合材料 27 の塊を第 1 ビレット 31 として用いる。H は成形前のビレット高さ、D1 は直径を示す。

なお、ビレットの形状やインゴット型によっては、金属基複合材料 27 の塊を加工してもよく、例えば、複数のビレットに切断し、所定形状に切削してもよい。

【0028】

(d) は (c) の d 部拡大図であり、金属基複合材料 27 を模式的に示す。金属基複合材料 27 は、アルミニウム合金 22 とアルミナの粉 23・・・が集まった凝集体 21・・・とからなる。

金属基複合材料 27 のセラミックス体積含有率 V_f は V_b (約 23~24%) である。また、金属基複合材料 27 のヤング率を E_b とする。

【0029】

このように第 1 の成形方法では、マトリックスは、アルミニウム合金 22 を用い、セラミックスはアルミナの凝集体 21 を用いたので、溶解したアルミニウム合金 22 とアルミナの凝集体 21・・・を混合するだけでよく、また、アルミナの凝集体 21 の製造は容易であり、結果的に、金属基複合材料 27 の製造は容易となり、セラミックス体積含有率を部位別に変えた成形品の生産効率の向上を図ることができる。

このような金属基複合材料 27 を用いた第 1 ビレット 31 ((c) 参照) を搬送し、次にビレット加熱工程を開始する。

【0030】

図 3 (a), (b) は、本発明の第 1 の成形方法のビレット加熱工程及び加圧工程（前半）を説明する図である。

(a) : ビレット加熱工程では、第 1 ビレット 31 を加熱炉 32 で所定の温度条件にて加熱する。加熱炉 32 は、炉本体 33 と、熱源 34 と、熱電対 35 と、熱電対 35 の情報並びに予め設定した条件に基づいて熱源 34 を制御する制御装置 36 とを備える。

ビレット加熱工程の温度条件に用いた所定温度は、アルミニウム合金 22 の固相線以上（例えば、A6061 では $580^\circ C$ 以上）の温度である。

【0031】

なお、ビレットの加熱温度の上限は任意であるが、温度を上げ過ぎると後工程での凝固に時間がかかる点や必要以上の加熱は加熱工程に時間がかかる点などの生産効率及び品質を基準にした適度な温度に上限を設定するのが望ましい。

【0032】

(b) : 加圧工程では、 $580^\circ C$ 以上の第 1 ビレット 31 を金型 37 に矢印 a の如くセ

ットし、金型 37 を取り付けたプレス機 41 の稼働により所定形状に成形する。具体的には、金型 37 は、下型 42 と、上型 43 とからなり、ともに平坦な型面 44, 45 を有するとともに、図に示していない温度調整手段を備え、第 1 ビレット 31 を軸方向（白抜き矢印の方向）に圧縮して横に広げる据え込み金型である。

温度調整手段は、任意であり、例えば、流体や電気で温度調整可能に構成する。設定温度は、例えば、300℃に設定する。金型の温度を 300℃に保持するのが望ましいが、温度調整手段を設けずに、常温の金型でも成形可能である。

なお、金型 37 の形状や構成は一例である。

【0033】

プレス機 41 の操作盤（図に示していない。）に設定する主な成形条件は、プレス圧力 P 、加圧速度 V_p 、下降ストローク S である。プレス圧力 P は、ビレットの投影面積に対する面圧 (kg/cm^2) で示す。下降ストローク S は、ビレットに接触した位置から下限までの距離であるが、成形品の板の厚さ（成形後のビレット高さ h_1 ）を基準とする。

つまり、金型 37 を用い、プレス圧力 P 、加圧速度 V_p 、所定の下降ストロークで 580℃以上の第 1 ビレット 31 に圧力を加えて第 1 の成形品を成形する。

【0034】

図 4 (a) ~ (c) は、本発明の第 1 の成形方法の加圧工程（後半）を説明する図である。

(a) : 加圧工程を、プレス圧力 P 、加圧速度 V_p で、下降ストローク S_1 まで進める。この下降ストローク S_1 までの過程では、580℃以上で流動性がよくなったマトリックスであるところのアルミニウム合金 22 は、加圧でつぶれ始めると同時に、横（図の左右方向、図の表裏方向）の外方に矢印 b 、 b の如く流出し始める。一方、凝集体 21 の粒は、ほとんどが横の外方に移動せずに、下方に移動し始める。

【0035】

(b) : 引き続き、下降を続け、下降ストローク S_2 ($S_2 > S_1$) に達するとともに、第 1 ビレット 31 の高さは、 H から H_a となる。下降ストローク S_2 に達する過程では、アルミニウム合金 22 は、さらに横の外方に凝集体 21 の粒の間からしみ出るように流出し、一方、凝集体 21 は、凝集体 21 同士の接触や衝突により破壊し始め、小さな凝集体やアルミナ (Al_2O_3) の粒子になり始める。

【0036】

(c) : さらに下降を続け、下限である下降ストローク S_3 に達すると同時に、第 1 の成形品 11 が完成する。

下降ストローク S_3 までの過程では、アルミニウム合金 22 は外方への流出を続け、一方、凝集体 21 の粒は、圧力が加わり凝集体が崩れ、小さな凝集体やアルミナ (Al_2O_3) の粒子となって、ほとんどは第 1 ビレット 31 の中央であるとともに第 1 の成形品 11 の中央である中央部 12 に止まるが、残りはアルミニウム合金 22 の外方への流出とともにアルミニウム合金 22 によって押し流され横の外方（矢印 c 、 c の方向）へ流出する。その結果、第 1 の成形品 11 の中央部 12 のセラミックス体積含有率 V_f は V_{m1} (約 40%) まで高まり、ヤング率 E_{m1} となり、第 1 の成形品 11 の周縁部 13 のセラミックス体積含有率 V_f は V_{e1} (約 18%) まで下がり、ヤング率 E_{e1} となる。

【0037】

また、第 1 の成形品 11 は、金属基複合材料 27 (図 2 参照) のセラミックス体積含有率 V_b に比べ、周縁部 13 から中央部 12 までのセラミックス体積含有率は、 $V_{e1} < V_b < V_{m1}$ である。

【0038】

ここで、圧縮比を R_h としたときに、第 1 の成形品 11 の形状の場合は、圧縮比 R_h は、中央部 12 の圧縮比とし、ほぼビレットの直径 D_1 (図 2 参照) の範囲における加工前後の寸法比とする。中央部 12 の圧縮比 R_h は、 $R_h = H/h_1$ であり、例えば、6.8 である。中央部 12 以外の残りの部位の圧縮比 R_h は、周縁部 13 の圧縮比 R_h とし、周縁部 13 の圧縮比 R_h は、 $R_h = 0/h_1$ で、圧縮比 R_h を設定していないものとする。

つまり、第1の成形方法では、圧縮比 R_h を第1の成形品11の中央部12と周縁部13とで変える。

【0039】

図5は、本発明の第1の成形方法の圧縮比と第1の成形品のセラミックス体積含有率の関係を示したグラフであり、横軸を中央部の圧縮比 R_h とし、縦軸をセラミックス体積含有率 V_f としたものである。成形の条件は、プレス圧力 P はピレットの投影面積に対する面圧で 650 kg/cm^2 、加圧速度 V_p は約 130 mm/秒 、加熱する所定温度は 580°C 以上、金型温度は 300°C である。

【0040】

●印は、第1の成形品11の中央部12のセラミックス体積含有率 V_f を示す。

○印は、第1の成形品11の周縁部13のセラミックス体積含有率 V_f を示す。

【0041】

中央部12のセラミックス体積含有率 V_f は、圧縮比 R_h の増加にほぼ比例して増加する。

周縁部13のセラミックス体積含有率 V_f は、圧縮比 R_h の増加にほぼ比例して減少する。言い換えると、中央部12のセラミックス体積含有率 V_f の増加に伴い、周縁部13のセラミックス体積含有率 V_f は、減少する。

つまり、圧縮比 R_h を制御することで、セラミックス体積含有率 V_f を制御することができる。

【0042】

本発明の成形方法では、圧縮比 R_h は、1～10の範囲に設定する。好ましくは、2以上に設定し、2以上とすることで、成形品のセラミックス体積含有率 V_f の漸減若しくは漸増を形成しやすくする。

圧縮比 R_h が2未満では、成形品のセラミックス体積含有率 V_f の漸減若しくは漸増を形成し難い。

圧縮比 R_h が10を超えると、主にピレットを円柱に形成した場合には、固相線以上（例えば、A6061では 580°C 以上）の温度まで昇温したピレットを金型に置く際に、ピレットが崩れたり倒れたりすることがあり、成形できなくなる。なお、ピレットの形状によっては、圧縮比 R_h が10を超えてもピレットが崩れたり倒れたりする現象が起きないから、そのような形状のピレットでは、圧縮比 R_h を10以上に設定してもよい。

【0043】

図6は、本発明の第1の成形方法で使用する金型の加圧速度と第1の成形品のセラミックス体積含有率の関係を示したグラフであり、横軸を加圧速度 V_p とし、縦軸をセラミックス体積含有率 V_f としたものである。成形の条件は、プレス圧力 P はピレットの投影面積に対する面圧で 650 kg/cm^2 、圧縮比 R_h は6.8、加熱する所定温度は 580°C 以上、金型温度は 300°C である。

【0044】

●印は、第1の成形品11の中央部12のセラミックス体積含有率 V_f を示す。

○印は、第1の成形品11の周縁部13のセラミックス体積含有率 V_f を示す。

【0045】

中央部12のセラミックス体積含有率 V_f は、加圧速度 V_p の増加にほぼ反比例して低下するとともに、変化しなくなり、ピレットの状態と同様となる。

周縁部13のセラミックス体積含有率 V_f は、加圧速度 V_p の増加にほぼ比例して高くなるとともに、変化しなくなり、ピレットの状態と同様となる。

これは、加圧速度 V_p が速いと、アルミニウム合金の横への流動速度も速くなり、アルミナの凝集体21・・・は止まることができずに、アルミニウム合金の流動とともに横に移動するためと考えられる。

つまり、加圧速度 V_p を制御することで、セラミックス体積含有率 V_f を制御することができる。

【0046】

本発明の成形方法では、加圧速度 V_p は、5～300 mm/秒の範囲に設定する。

加圧速度 V_p が 5 mm/秒未満では、中央部 12 におけるマトリックスに混合したセラミックスや炭素繊維などの補強材の体積含有率（セラミックス体積含有率 V_f ）はほとんど高くない。

加圧速度 V_p が 300 mm/秒を超えると、中央部 12 及び周縁部 13 における体積含有率（セラミックス体積含有率 V_f ）は変化しない。

【0047】

このように、加圧速度 V_p 若しくは圧縮比 R_h を制御することによって、第 1 の成形品 11 を所望の形状に成形すると同時に、第 1 の成形品 11 の中央部 12 から周縁部 13 にかけてセラミックス体積含有率 V_f を漸減（傾斜）させることができる。

【0048】

次に図 2 で説明した複合材料製造工程とは別の複合材料製造工程を簡単に説明するとともに、図 2 で説明したビレット形成工程とは別のビレット形成工程を簡単に説明する。

図 7 (a)～(d) は、別の複合材料製造工程及び別のビレット形成工程を説明する図である。(a)～(c) は浸透までの過程を模式的に示す。

【0049】

(a)：まず、凝集アルミナ粉末とマグネシウム (Mg) の混合粉末 51 とともに、アルミニウム合金 52 をアルミニウム基複合材製造装置 54 の雰囲気炉 55 内に入れる。53 は制御装置を示す。

【0050】

次に、雰囲気炉 55 内の酸素を除去するために雰囲気炉 55 内を真空ポンプ 56 で真空引きし、一定の真空度に達したら、真空ポンプ 56 を止め、ポンプ 57 から雰囲気炉 55 にアルゴンガス (Ar) 58 を矢印 d1 の如く供給する。その次に、加熱コイル 59 で矢印 d2 の如く混合粉末 51 及びアルミニウム合金 52 の加熱を開始する。

【0051】

雰囲気炉 55 内の温度を温度センサ 61 で検出しつつ昇温（自動）させる。所定温度（例えば、約 750℃～約 900℃）に達する過程で、アルミニウム合金 52 は溶解する。またこの過程では、混合粉末 51 のマグネシウム (Mg) は蒸発する。その際、雰囲気炉 55 内はアルゴンガス (Ar) 58 の雰囲気下にあるので、アルミニウム合金 52 及びマグネシウム (Mg) が酸化することはない。

【0052】

(b)：次に、雰囲気炉 55 内を窒素ガス (N_2) 62 で加圧し、窒化マグネシウム 64 の作用で混合粉末 51 の凝集アルミナ粉末を還元し、混合粉末 51 にアルミニウム合金 52 の溶湯を浸透させて金属基複合材料 65 を得ると同時にアルミニウム基複合材ビレット 66 を得る。

【0053】

具体的には、真空ポンプ 56 でアルゴンガス 58 を抜きながら窒素ガス 62 を流し込み、雰囲気炉 55 に窒素ガス 62 を矢印 d4 の如く供給しつつ加圧（例えば、大気圧＋約 0.5 kg/cm²）し、雰囲気炉 55 内の雰囲気を窒素ガス 62 に置換する。

雰囲気炉 55 内が窒素ガス 62 の雰囲気になると、窒素ガス 62 は、マグネシウム (Mg) と反応して窒化マグネシウム (Mg_3N_2) 64 を生成する。この窒化マグネシウム 64 はアルミナを還元するので、アルミナは濡れ性がよくなる。その結果、凝集アルミナ粉末間にアルミニウム合金 52 の溶湯が浸透する。アルミニウム合金 52 が凝固してアルミニウム基複合材ビレット 66 が完成する。

【0054】

(c)：アルミニウム基複合材ビレット 66（以下「ビレット 66」と略記する。）は、混合粉末 51 にアルミニウム合金 52 が浸透したものである。

(d)：必要に応じて、ビレット 66 を NC（数値制御）旋盤 67 で所定の外径寸法に切削加工する。

なお、図 7、図 2 に示した複合材料製造工程及びビレット形成工程は、一例であり、複

合材料を製造する方法は任意である。

【0055】

次に第1の成形方法とは別の成形方法を説明する。

図8は、本発明の第2、第3の成形方法で成形した金属基複合材製第2、第3の成形品の説明図である。

第2の成形品68は、金属基複合材製成形品で、ディスクブレーキのブレーキディスクである。

第3の成形品71は、コ字状の部材で、例えば、ディスクブレーキのキャリパーである。

【0056】

ブレーキディスク（第2の成形品68）は、中央に形成した締結部72と、締結部72に連ねて形成した筒状の連結部73と、連結部73に連ねて外方に形成した摺動部74と、からなる。

締結部72は、車両の駆動装置側に複数のボルトで固定される部位で、締結部72のセラミックス体積含有率 V_{m2} は約40%である。

摺動部74は、摺動面75、75を有し、摺動面75、75にパッドを押圧して、摩擦を得る。この摩擦でブレーキディスクの回転を停止させる。

【0057】

このように構成した金属基複合材製第2の成形品68を成形する第2の成形方法を次に説明する。第3の成形品71を成形する第3の成形方法は後述する。

【0058】

図9は、本発明の第2の成形方法の加圧工程（前半）を説明する図である。第2の成形方法の複合材料製造工程及びビレット加熱工程は、第1の成形方法と同様であり、説明を省略する。

【0059】

第2の成形方法のビレット形成工程では、金属基複合材料27（図2参照）又はアルミニウム基複合材ビレット66（図7参照）を用いて第2ビレット77を円柱状に形成する。Hbは成形前の第2ビレット77の高さ、D2は直径を示す。

【0060】

加圧工程では、580℃以上の第2ビレット77を金型78に矢印eの如くセットし、金型78を取り付けたプレス機41の稼働により所定形状に成形する。詳しくは、金型78は、下型ダイ81と、上型パンチ82と、図に示していない温度調整手段と、を備える閉塞金型である。

温度調整手段は、任意であり、例えば、流体や電気で温度調整可能に構成する。設定温度は、例えば、300℃に設定する。金型の温度は常温でも可能である。

なお、金型78の形状や構成は一例である。

【0061】

プレス機41の操作盤に設定する主な成形条件は、例えば、プレス圧力Pは約650 kg/cm²、加圧速度Vpは約130 mm/秒、下降ストロークSは47 mmに設定した。

つまり、金型78を用い、プレス圧力P、加圧速度Vp、所定の下降ストロークで580℃以上の第2ビレット77に圧力を加えて第2の成形品を成形する。

【0062】

図10(a)～(c)は、本発明の第2の成形方法の加圧工程（後半）を説明する図である。

(a)：上型パンチ82は下降を続け、下降ストロークS4になるとともに、第2ビレット77の高さは、HbからHcとなる。この第2ビレット77の高さがHcとなるまでの過程では、580℃以上のマトリックスであるところのアルミニウム合金22は、加圧でつぶれ始めると同時に、横（図の左右方向、図の表裏方向）の外方に矢印f、fの如く流出し始める。一方、凝集体21・・・の粒は、分散した状態を維持し、ほとんどが横に

移動せずに止まる。

【0063】

(b) : さらに上型パンチ 82 が下降を続けると、アルミニウム合金 22 は、さらに外方に凝集体 21... の粒の間からしみ出るように流出し、一方、凝集体 21... は、凝集体 21... 同士の接触や衝突により破壊し始め、小さな凝集体やアルミナ (Al_2O_3) の粒子になり始める。

【0064】

(c) : 引き続き下降を続け、上型パンチ 82 が下限の下降ストロークに達すると同時に、第 2 の成形品 68 が完成する。h1 は成形後のピレット高さで、板の厚さに相当する。

下限の下降ストロークに達するまでの過程では、アルミニウム合金 22 は外方への流出を続け、凝集体 21... の粒は、圧力が加わり凝集体が崩れ、小さな凝集体やアルミナ (Al_2O_3) の粒子となって、ほとんどは第 2 の成形品 68 の中央部である締結部 72 に止まり、残りはアルミニウム合金 22 の外方への流出とともにアルミニウム合金 22 で押し流され外方 (矢印 g, g の方向) へ移動する。その結果、第 2 の成形品 68 の中央部であるところの締結部 72 のセラミックス体積含有率 V_f は V_{m2} (約 40%) となり、第 2 の成形品 68 の周縁部であるところの摺動部 74 のセラミックス体積含有率 V_f は V_{e2} (約 18%) となる。

【0065】

ここで、第 2 の成形品 68 の圧縮比を R_h としたときに、締結部 72 の圧縮比 R_h は、 $R_h = H_b / h_1$ で、例えば、6.8 である。摺動部 74 の圧縮比 R_h は、設定しない。つまり、第 2 の成形方法では、圧縮比 R_h を第 2 の成形品 11 の締結部 72 と摺動部 74 とで変える。

【0066】

図 11 は、本発明の第 2 の成形方法で成形した成形品の中央部のセラミックス体積含有率と周縁部のセラミックス体積含有率の関係を示したグラフであり、横軸を中央部のセラミックス体積含有率 V_f とし、縦軸を周縁部のセラミックス体積含有率 V_f としたものである。成形の条件は、プレス圧力 P はピレットの投影面積に対する面圧で 650 kg/cm^2 、加圧速度 V_p は約 130 mm/秒 、加熱する所定温度は 580°C 以上、金型温度は 300°C である。

また、図 11 のグラフは、図 1 で説明した第 1 の成形品 11 の中央部 12 のセラミックス体積含有率と周縁部 13 のセラミックス体積含有率の関係を示す。

【0067】

中央部 (締結部 72) のセラミックス体積含有率 V_f の増加にほぼ比例して周縁部 (摺動部 74) のセラミックス体積含有率 V_f は減少する。

ここでは、第 2 の成形品 68 (図 8 参照) はブレーキディスクであり、ブレーキディスクの締結部 72 (図 8 参照) のセラミックス体積含有率 V_f は、28~42% の範囲に設定する。

【0068】

つまり、第 2 の成形方法では、中央部 (締結部 72) のセラミックス体積含有率 V_f は、28~42% の範囲に設定する。

中央部 (締結部 72) のセラミックス体積含有率 V_f が 28% 未満では、中央部 (締結部 72) をボルトで取り付けた際に、ボルトの所定の締め付けトルクで締結部 72 が座屈することがある。

中央部 (締結部 72) のセラミックス体積含有率 V_f が 42% を超えると、セラミックスによって、加工性は悪くなり、生産コストが高くなる。

【0069】

ブレーキディスクの周縁部 (摺動部 74) のセラミックス体積含有率 V_f は、15~25% の範囲に設定する。

周縁部 (摺動部 74) のセラミックス体積含有率 V_f が 15% 未満では、硬度が低下し

て耐磨耗性が低下する。

周縁部（摺動部 74）のセラミックス体積含有率 V_f が 25% を超えると、セラミックスによって、研削や研磨など高精度を確保するための加工に手間がかかり、加工性は悪くなる。

【0070】

なお、第 2 の成形方法の圧縮比と第 2 の成形品のセラミックス体積含有率の関係を示したものと図 5 のグラフを見てもよい。また、第 2 の成形方法に用いた加圧速度と第 2 の成形品のセラミックス体積含有率の関係を示したものと図 6 のグラフを見てもよい。

【0071】

次に第 1、第 2 の成形方法とは別の成形方法を説明する。

図 12 (a) ~ (c) は、本発明の第 3 の成形方法を説明する図である。(a) は金属基複合材製成形品（第 3 の成形品）の斜視図、(b), (c) は加圧工程を説明する図である。

【0072】

(a) において、第 3 の成形品 71 は、コ字状の部材で、中央に形成した第 1 板部 84 と、第 1 板部 84 に連ねて形成した第 2 板部 85、85 とからなり、例えば、第 2 板部 85、85 で力 F 、 F を受ける。86、86 はコーナ部、 h_3 は成形後のピレット高さで、板の厚さに相当する。

【0073】

また、コ字状の部材（第 3 の成形品 71）は、第 2 板部 85、85 の先端側のセラミックス体積含有率 V_f よりコーナ部 86、86 のセラミックス体積含有率 V_f を大きくすることで、コ字状の部材の強度の向上と軽量化とを図ったものである。

このような金属基複合材製第 3 の成形品 71 を成形する第 3 の成形方法を次に説明する。複合材料製造工程及びピレット加熱工程は、第 1 の成形方法と同様であり、説明を省略する。

【0074】

(b) : 第 3 の成形方法のピレット形成工程では、金属基複合材料 27（図 2 参照）又はアルミニウム基複合材ピレット 66（図 7 参照）を用いて第 3 ピレット 87 を形成する。第 3 ピレット 87 は、所定の幅、長さで形成するとともに、成形前のピレット高さを H_d に形成した板である。

加圧工程では、580℃以上の第 3 ピレット 87 を金型 88 に矢印の如くセットし、金型 88 を取り付け付けたプレス機 41 の稼働により所定形状に成形する。詳しくは、金型 88 は、下型ダイ 91 と、上型パンチ 92 と、図に示していない温度調整手段と、を備える。

【0075】

プレス機 41 の操作盤に設定する主な成形条件は、プレス圧力 P 、加圧速度 V_p 、下降ストローク S とした。

つまり、金型 88 を用い、プレス圧力 P 、加圧速度 V_p 、所定の下降ストロークで 580℃以上の第 3 ピレット 87 に圧力を加えて第 3 の成形品を成形する。

【0076】

(c) : 上型パンチ 92 を下限までストロークさせることで、第 3 の成形品 71 が完成する。

第 3 ピレット 87 に圧力を加える過程では、既に説明したように、アルミニウム合金 2 は加圧でつぶれ始めると同時に、横（図の左右方向）の外方に凝集体 21... の粒の間からしみ出るように流出し、一方、凝集体 21... は、凝集体 21... 同士の接触や衝突により破壊するとともに圧力が加わり凝集体が崩れ、小さな凝集体やアルミナ (Al_2O_3) の粒子となってほとんどは第 1 板部 84 からコーナ部 86、86 までの間に止まる。その結果、(a) に示した第 3 の成形品 71（コ字状の部材）の第 1 板部 84 のセラミックス体積含有率 V_f は V_{m3} （約 40%）、コーナ部 86、86 のセラミックス体積含有率 V_f は約 37% となる。つまり、大きな力がかかるコーナ部 86、86 のセラミ

ックス体積含有率 V_f を大きくすることで、コーナ部 86, 86 の材料のヤング率を大きくし、コ字状の部材の強度の向上と軽量化を図ることができる。

第3の成形品 71 の周縁部であるところの第2板部 85, 85 のセラミックス体積含有率 V_e3 (約 18%) となる。

【0077】

ここで、第3の成形品 71 の第1板部 84 の圧縮比 R_h は、 $R_h = H_d / h_3$ である。第2板部 85, 85 の圧縮比 R_h は、設定せず、必要な板厚を設定する。

つまり、第3の成形方法では、圧縮比 R_h を第3の成形品 71 の第1板部 84 と第2板部 85, 85 とで変える。

【0078】

次に第1～第3の成形方法とは別の成形方法を説明する。

図13は、本発明の第4の成形方法で成形した金属基複合材製第4の成形品を説明する図である。

第4の成形品 94 は、円筒部材であり、ケース 95 に鋳包んだもので、ケース 95 に取り付け付けたフランジ 96 側にシート面 97 を有する。

【0079】

円筒部材 (第4の成形品 94) はまた、周壁 103 のフランジ 96 側の一端 104 から中央部 105 までの間のセラミックス体積含有率 V_f は V_{m4} で、このセラミックス体積含有率 V_{m4} はピレット時のセラミックス体積含有率 V_b (約 23～24%) より高く、ケース 95 の内側 101 の他端 106 から中央部 105 までの間のセラミックス体積含有率 V_e4 は、ピレット時のセラミックス体積含有率 V_b より低い。つまり、セラミックス体積含有率 V_f を V_{m4} まで高めた一端 104 にシート面 97 を形成したものである。

【0080】

シート面 97 は、セラミックス体積含有率を V_{m4} まで高めたことによって、フランジ 96 を取り付けるボルトの締め付け力 (軸力) に耐える強度を有し、ボルトの締め付けトルクによって発生した面圧 p でフランジ 96 が密着しても変形することはない、例えば、油圧 (作動油) や空圧 (空気) の漏れを防ぎ、高圧を確保することができる。

このような金属基複合材製第4の成形品 94 を成形する第4の成形方法を次に説明する。

【0081】

図14は、本発明の第4の成形方法の加圧工程を説明する図 (その1) である。複合材料製造工程及びピレット加熱工程は、第1の成形方法と同様であり、説明を省略する。

第4の成形方法のピレット形成工程では、金属基複合材料 27 (図2参照) 又はアルミニウム基複合材ピレット 66 (図7参照) を用いて第4ピレット 107 を円柱形状に形成する。D3 は直径、 H_e は成形前の第4ピレット 107 の高さを示す。

【0082】

加圧工程では、580℃以上の第4ピレット 107 を金型 108 に二点鎖線で示すようにセットし、金型 108 を取り付け付けたプレス機 41 の稼働により所定形状に成形する。具体的には、金型 108 は、下型ダイ 111 と、上型パンチ 112 と、図に示していない温度調整手段と、を備え、この金型 108 を用い、プレス圧力 P 、加圧速度 V_p 、所定の下降ストロークで 580℃以上の第4ピレット 107 に圧力を加えて第4の成形品を成形する。

【0083】

図15 (a), (b) は、本発明の第4の成形方法の加圧工程を説明する図 (その2) である。

(a): 第4ピレット 107 に圧力を加える過程では、前に説明したように、アルミニウム合金 22 は、凝集体 21... の粒の間から外方 (矢印 j , j の方向) にしみ出るように流出し、一方、凝集体 21... は、凝集体 21... 同士の接触や衝突により破壊し始め、小さな凝集体やアルミナ (Al_2O_3) の粒子になり始める。

【0084】

(b) :引き続き、上型パンチ112を下限までストロークさせることで、貫通させ、第4の成形品94 (図13参照) を得る。

第4ピレット107 ((a) 参照) に圧力を加え続ける過程でsは、凝集体21・・・に圧力が加わり凝集体が崩れて、小さな凝集体やアルミナ (Al_2O_3) の粒子となり、これらの小さな凝集体やアルミナの粒子のほとんどは中央に止まり、残りはアルミニウム合金22の外方への流出とともにアルミニウム合金22によって押し流され横 (図の左右方向、図の表裏方向) の外方へ移動する。その結果、第4の成形品94 (図13参照) の中央部に相当する一端104のセラミックス体積含有率VfはVm4 (約40%) となり、第4の成形品94 (図13参照) の周縁部であるところの他端106のセラミックス体積含有率VfはVe4 (約18%) となる。

【0085】

ここで、h4は成形後のピレット高さを示し、例えば、1mmとする。上型パンチ112を貫通させたから、成形後のピレット高さは、0mmであるが、1mmに設定した場合の一端104のセラミックス体積含有率Vfと比べて、セラミックス体積含有率Vfはほとんど変わらず、第4の成形品94 (図13参照) の圧縮比Rhは、 $Rh = He / h4$ である。周壁103の圧縮比Rhは、設定せず、必要な板厚を設定する。

つまり、第4の成形方法では、圧縮比Rhを第4の成形品94の底側と周壁103とで変える。

【0086】

図16は、本発明の第4の成形方法の加圧工程を説明する図 (その3) である。

金型108 (図15参照) を開いて、第4の成形品94を取り出す。

次工程では、第4の成形品94を鋳型にセットし、鋳造する。

【0087】

このように、本発明の成形方法では、圧縮比Rhを成形品の部位別に変えるのに際して、第1～第4の成形方法では、圧縮比Rhを第1～第4の成形品11, 68, 71, 94のそれぞれの中央部に設定することで、第1～第4の成形品のセラミックス体積含有率Vfを中央部と周縁部とで異ならせる。成形金型を閉じるだけで、自然にセラミックス体積含有率は成形品の部位別に異なるから、セラミックス体積含有率を成形品の部位別に異ならせた金属基複合材製成形品をより容易に製造することができるという利点がある。

【0088】

次に請求項2を実施するための最良の形態について説明する。

図17 (a) ~ (c) は、本発明の第5～第7の成形方法で成形した金属基複合材製第5～第7の成形品の斜視図である。(a) は第5の成形品117の斜視図、(b) は第6の成形品118の斜視図、(c) は第7の成形品121の斜視図である。なお、上記図1及び図2に示す実施の形態と同様の構成については、同一符号を付し説明を省略する。

【0089】

(a) において、第5の成形品117は、第1の成形品11 (図1参照) とはセラミックス体積含有率Vfの漸減の傾きが逆で、中央部122から周縁部123に向かってセラミックス体積含有率Vfが漸増する。具体的には、中央部122のセラミックス体積含有率はVm5 (約18%) で、周縁部123のセラミックス体積含有率はVe5 (約40%) で、中央部122のセラミックス体積含有率Vm5より周縁部123のセラミックス体積含有率Ve5が高い ($Ve5 > Vm5$) 円盤状の板材である。

また、金属基複合材料27 (図2参照) のセラミックス体積含有率Vbに比べ、中央部122及び周縁部123のセラミックス体積含有率は、 $Vm5 < Vb < Ve5$ である。

【0090】

中央部122のヤング率をEm5、周縁部123のヤング率をEe5 ($Ee5 > Em5$) としたときに、金属基複合材料27 (図2参照) のヤング率Ebに比べ、中央部122及び周縁部123のヤング率は、 $Em5 < Eb < Ee5$ である。

【0091】

(b) において、第6の成形品118は、中央部124から周縁部125に向かってセ

ラミックス体積含有率 V_f が漸減する。具体的には、中央部 124 のセラミックス体積含有率は V_{m6} (約 28%) で、周縁部 125 のセラミックス体積含有率は V_{e6} (約 20%) で、中央部 124 のセラミックス体積含有率 V_{m6} より周縁部 125 のセラミックス体積含有率 V_{e6} が低い ($V_{e6} < V_{m6}$) 円盤状の板材である。

【0092】

また、金属基複合材料 27 (図 2 参照) のセラミックス体積含有率 V_b に比べ、中央部 124 のセラミックス体積含有率 V_{m6} は高く、周縁部 125 のセラミックス体積含有率 V_{e6} は、ほぼ同じである。

【0093】

(c) において、第 7 の成形品 121 は、第 6 の成形品 118 ((b) 参照) とはセラミックス体積含有率 V_f の漸減の傾きが逆で、中央部 126 から周縁部 127 に向かってセラミックス体積含有率 V_f が漸増する。具体的には、中央部 126 のセラミックス体積含有率は V_{m7} (約 20%) で、周縁部 127 のセラミックス体積含有率は V_{e7} (約 28%) で、中央部 126 のセラミックス体積含有率 V_{m7} より周縁部 127 のセラミックス体積含有率 V_{e7} が高い ($V_{e7} > V_{m7}$) 円盤状の板材である。

【0094】

また、金属基複合材料 27 (図 2 参照) のセラミックス体積含有率 V_b に比べ、中央部 126 のセラミックス体積含有率 V_{m7} は高く、周縁部 127 のセラミックス体積含有率 V_{e7} は、ほぼ同じである。

次に金属基複合材製第 5～第 7 の成形品 117, 118, 121 を成形する第 5～第 7 の成形方法を順に説明する。

【0095】

図 18 (a)～(c) は、本発明の金属基複合材製第 5 の成形品の第 5 の成形方法を説明する図であり、第 5 の成形方法のビレット形成工程、加圧工程を示す。複合材料製造工程及びビレット加熱工程は、第 1 の成形方法と同様であり、説明を省略する。

【0096】

(a) : 第 5 の成形方法のビレット形成工程では、金属基複合材料 27 (図 2 参照) 又はアルミニウム基複合材ビレット 66 (図 7 参照) を用いて第 5 ビレット 128 を形成する。第 5 ビレット 128 は、中央に穴部 132 を有する板状の円環体 131 で、成形前のビレット高さであるところの円環体 131 の高さを H_g に形成したものである。

つまり、第 5 ビレット 128 は、中央の穴部 132 に対して、高さ H_g だけ高さに変化をもたせたものである。

【0097】

(b) : 加圧工程では、580℃以上の第 5 ビレット 128 を金型 133 に矢印の如くセットし、金型 133 を取り付けたプレス機 41 の稼働により所定形状に成形する。具体的には、金型 133 は、下型ダイ 134 と、上型パンチ 135 と、図に示していない温度調整手段と、を備え、この金型 133 を用い、プレス圧力 P 、加圧速度 V_p 、所定の下降ストロークで 580℃以上の第 5 ビレット 128 に圧力を加えて第 5 の成形品 117 (図 17 (a) 参照) を成形する。

【0098】

(c) : 引き続き、上型パンチ 135 を下限までストロークさせることで、第 5 の成形品 117 が完成する。

第 5 ビレット 128 ((b) 参照) に圧力を加える過程では、既に説明した機構と同様に、アルミニウム合金 22 は加圧でつぶれ始めると同時に、横 (図の左右方向、図の表裏方向) の内方に矢印 k 、 k の如く凝集体 21・・・の粒の間からしみ出るように流出し、一方、凝集体 21・・・は、凝集体 21・・・同士の接触や衝突により破壊するとともに圧力が加わり凝集体が崩れ、小さな凝集体やアルミナ (Al_2O_3) の粒子となってほとんどは円環体 131 側に止まり、穴部 132 側の内方に移動しない。その結果、第 5 の成形品 117 の中央部 122 のセラミックス体積含有率 V_f は V_{m5} (約 18%) となるとともに、周縁部 123 のセラミックス体積含有率 V_f は V_{e5} (約 40%) となる。

【0099】

ここで、 h_1 は成形後のビレット高さを示し、第5の成形品117の板の厚さに相当する。第5の成形品117の円環体131の圧縮比 R_h は、 $R_h = H_g / h_1$ である。中央部122の圧縮比 R_h は設定しない。

つまり、第5の成形方法では、圧縮比 R_h を第5の成形品117の円環体131と中央部122とで変える。

【0100】

図19(a)～(c)は、本発明の金属基複合材製第6の成形品の第6の成形方法を説明する図であり、第6の成形方法のビレット形成工程、加圧工程を示す。複合材料製造工程及びビレット加熱工程は、第1の成形方法と同様であり、説明を省略する。

【0101】

(a)：第6の成形方法のビレット形成工程では、金属基複合材料27(図2参照)又はアルミニウム基複合材ビレット66(図7参照)を用いて第6ビレット136を形成する。第6ビレット136は、円盤部137と、円盤部137の中央に凸状に一体形成した円柱部138と、からなる。円盤部137の厚さを t_6 に形成し、円柱部138の高さは、成形前のビレット高さである H_j に形成した。

つまり、第6ビレット136は、円盤部137の厚さ t_6 に比べ、円柱部138に高さ H_j だけ高さに変化をもたせものである。

【0102】

(b)：加圧工程では、 580°C 以上の第6ビレット136を金型141に矢印の如くセットし、金型141を取り付けたプレス機41の稼働により所定形状に成形する。詳しくは、金型141は、下型ダイ142と、上型パンチ143と、図に示していない温度調整手段と、を備え、この金型141を用い、プレス圧力 P 、加圧速度 V_p 、所定の下降ストロークで 580°C 以上の第6ビレット136に圧力を加えて第6の成形品118(図17(b)参照)を成形する。

【0103】

(c)：引き続き、上型パンチ143を下限までストロークさせることで、第6の成形品118が完成する。

第6ビレット136((b)参照)に圧力を加える過程では、既に説明した機構と同様に、円柱部138はつぶれ始めると同時に円柱部138のアルミニウム合金22は加圧で外方(矢印の方向)に凝集体21・・・の粒の間からしみ出るように流出し、一方、円柱部138の凝集体21・・・は、凝集体21・・・同士の接触や衝突により破壊するとともに圧力が加わり凝集体が崩れ、小さな凝集体やアルミナ(Al_2O_3)の粒子となっておりほとんどは円柱部138側に止まる。その結果、第6の成形品118の中央部124のセラミックス体積含有率 V_f は V_{m6} (約28%)となる。周縁部125のセラミックス体積含有率 V_f は V_{e6} (約20%)となる。

【0104】

ここで、 h_1 は成形後のビレット高さを示し、第6の成形品118の板の厚さに相当する。第6の成形品118の中央部124の圧縮比 R_h は、 $R_h = H_j / h_1$ である。周縁部125の圧縮比 R_h は、 $R_h = t_6 / h_1$ で、約1である。

つまり、第6の成形方法では、圧縮比 R_h を第6の成形品118の中央部124と周縁部125とで変える。

【0105】

図20(a)～(c)は、本発明の金属基複合材製第7の成形品の第7の成形方法を説明する図であり、第7の成形方法のビレット形成工程、加圧工程を示す。複合材料製造工程及びビレット加熱工程は、第1の成形方法と同様であり、説明を省略する。

【0106】

(a)：第7の成形方法のビレット形成工程では、金属基複合材料27(図2参照)又はアルミニウム基複合材ビレット66(図7参照)を用いて第7ビレット144を形成する。第7ビレット144は、中央に円形の凹部146を有する円板145で、凹部146

の底の厚さを t_7 に形成し、円板 145 の高さは、成形前のビレット高さである H_k に形成したものである。

つまり、第7ビレット 144 は、凹部 146 の底の厚さ t_7 に比べ、円板 145 に高さ H_k だけ高さに変化をもたせたものである。

【0107】

(b) : 加圧工程では、 580°C 以上の第7ビレット 144 を金型 147 に矢印の如くセットし、金型 147 を取り付けたプレス機 41 の稼働により所定形状に成形する。金型 147 は、下型ダイ 151 と、上型パンチ 152 と、図に示していない温度調整手段と、を備え、この金型 147 を用い、プレス圧力 P 、加圧速度 V_p 、所定の下降ストロークで 580°C 以上の第7ビレット 144 に圧力を加えて第7の成形品 121 (図 17 (c) 参照) を成形する。

【0108】

(c) : 引き続き、上型パンチ 152 を下限までストロークさせることで、第7の成形品 121 が完成する。

第7ビレット 144 ((b) 参照) に圧力を加える過程では、既に説明した機構と同様に、円板 145 はつぶれ始めると同時に円板 145 のアルミニウム合金 22 は加圧で内方(矢印の方向)に凝集体 21... の粒の間からしみ出るように流出し、一方、凝集体 21... は、凝集体 21... 同士の接触や衝突により破壊するとともに圧力が加わり凝集体が崩れ、小さな凝集体やアルミナ (Al_2O_3) の粒子となってほとんどは凹部 146 側に移動せずに止まる。その結果、第7の成形品 121 の中央部 126 のセラミックス体積含有率 V_f は V_{m7} (約 20%) になるとともに、周縁部 127 のセラミックス体積含有率 V_f は V_{e7} (約 28%) となる。

【0109】

ここで、 h_1 は成形後のビレット高さを示し、第7の成形品 121 の板の厚さに相当する。第7の成形品 121 の中央部 126 の圧縮比 R_h は、 $R_h = H_k / h_1$ である。周縁部 127 の圧縮比 R_h は、 $R_h = t_7 / h_1$ で、1 未満である。

つまり、第7の成形方法では、圧縮比 R_h を第7の成形品 118 の中央部 126 と周縁部 127 とで変える。

【0110】

このように、本発明の第5～第7の成形方法では、圧縮比 R_h を成形品のそれぞれの部位別に変えるのに際して、第5～第7の成形品に用いる第5～第7ビレットは、部位別に変化をもたせたので、金型を閉じるだけの一回の動作で、成形後のビレット高さ h_1 を変えることなく、第5～第7の成形品のセラミックス体積含有率を部位別に変えることができ、成形品のセラミックス体積含有率を部位別に変える成形作業は容易になる。

【0111】

次に請求項 3 を実施するための最良の形態について説明する。

図 21 (a), (b) は、本発明の金属基複合材製第8の成形品の第8の成形方法を説明する図(前半)である。上記図 1 及び図 2 に示す実施の形態と同様の構成については、同一符号を付し説明を省略する。また、複合材料製造工程及びビレット加熱工程は、第1の成形方法と同様であり、説明を省略する。

【0112】

(a) : 第8の成形方法のビレット形成工程では、金属基複合材料 27 (図 2 参照) 又はアルミニウム基複合材ビレット 66 (図 7 参照) を用いて第8ビレット 153 を形成する。第8ビレット 153 は、直径 D_8 、厚さ t_8 の円板である。

【0113】

第8の成形方法の加圧工程では、分割金型 154 を用いることを特徴とする。

分割金型 154 は、下型ダイ 155 と、分割上型パンチ 156 と、図に示していない温度調整手段と、を備える。

分割上型パンチ 156 は、中央に取り付けたインナーパンチ 157 と、インナーパンチ 157 の外方に配置したアウトパンチ機構 161 と、インナーパンチ 157 に配置した穿

孔機構 162 と、を備える。

アウトパンチ機構 161 及び穿孔機構 162 は、油圧装置 163 に接続され、予め成形条件を設定した制御装置 164 の情報に基づいて制御される。

【0114】

このような分割金型 154 に 580℃以上の第8ピレット 153 を矢印の如くセットし、分割金型 154 を取り付けしたプレス機 41 の稼働により成形を開始する。

まず、アウトパンチ機構 161 のアウトパンチ 165 を矢印 m, m の如く下限まで下降させる。引き続き、分割上型パンチ 156 をプレス機 41 で下降させる。

【0115】

(b) : 分割上型パンチ 156 を下降させることで、アウトパンチ 165 を第8ピレット 153 の周縁部 166 に当てるとともに、プレス機 41 の下降（白抜き矢印の方向）の継続によってアウトパンチ 165 で周縁部 166 を厚さ t_e に成形する。その過程で、周縁部 166 のアルミニウム合金 22 は第8ピレット 153 の中央側へ矢印 n, n の如く流動するように流出して、既に説明した機構によって、金属基複合材料 27（図2参照）のセラミックス体積含有率に比べ、周縁部 166 のセラミックス体積含有率 V_f は高くなる。周縁部 166 の圧縮比 R_h は、 $R_h = t_8 / t_e$ で、例えば 6 以上に成形する。

続けて、インナーパンチ 157 での成形を開始する。

【0116】

図22 (a) ~ (c) は、本発明の金属基複合材製第8の成形品の第8の成形方法を説明する図（後半）である。

(a) : インナーパンチ 157 をプレス機 41 の下降（白抜き矢印の方向）で下降させて、インナーパンチ 157 で第8ピレット 153 の中央部 167 を凹状に成形するとともに、厚さ t_m に成形する。その際、プレス機 41 の下降速度に同期させてアウトパンチ機構 161 を後退（破線の矢印の方向）させることで、アウトパンチ 165 の下降を避けて静止状態を保ちつつアウトパンチ 165 で周縁部 166 を押さえ続ける。

【0117】

成形後の中央部 167 の厚さ t_m は成形前の厚さ t_8 とほぼ同じであり、中央部 167 の圧縮比 R_h は、 $R_h = t_8 / t_m$ で、約 1 である。当然、成形後の中央部 167 のセラミックス体積含有率 V_f は第8ピレット 153 のセラミックス体積含有率とほぼ同じである。

次に、穿孔機構 162 で孔を加工する。

【0118】

(b) : 穿孔機構 162 の4本のピン 168 . . . を中央部 167 の材料内部に押し込む（実線の矢印の方向）ことで、取り付け孔 169 . . . を形成し、第8の成形品 171 が完成する。

ピン 168 . . . を押し込む過程では、ピン 168 . . . で押した押し部 172 . . . にアルミニウム合金 22 の流動及び凝集体 21 . . . の移動が起き、押し部 172 のセラミックス体積含有率は高くなり、結果的に、取り付け孔 169 . . . の強度を高くすることができる。

【0119】

(c) は第8の成形品 171 の斜視図である。第8の成形品 171 は、例えば、プレーキディスクで、プレーキディスクをボルトで固定する際に、大きな力がかかる取り付け孔 169 . . . の強度を高めたものである。金属基複合材料 27（図2参照）の強度（ヤング率 E_b ）に比べ、取り付け孔 169 を形成した押し部 172 の強度は高い。

また、摺動部 173 の強度及び耐磨耗性は、金属基複合材料 27（図2参照）より優れている。

【0120】

分割金型 154 を用いることで、第8ピレット 153 の形状を変えることなく、第8の成形品 171 の周縁部 166 の圧縮比 R_h と中央部 167 の圧縮比 R_h をかえることができる。結果的に、セラミックス体積含有率の高い部位を変えることができる。

【0121】

次に分割金型 154 を用いた別の成形要領を 2 例説明する。

第 1 の例では、最初にインナーパンチ 157 で押圧することで、中央部 167 のセラミックス体積含有率を高め、その次に、アウトパンチ機構 161 で押圧することで、周縁部 166 の形状を仕上げる。この場合の形状は、図 8 の第 2 の成形品 68 (プレーキディスク) とほぼ同じ形状である。また、セラミックス体積含有率も同様に中央部 167 から周縁部 166 に向かって漸減する。

【0122】

第 2 の例では、最初にインナーパンチ 157 で押圧することで、中央部 167 のセラミックス体積含有率を高め、その次に、ピン 168・・・で取り付け孔 169 を形成すると同時に押し部 172 のセラミックス体積含有率を高める。最後に、アウトパンチ機構 161 で押圧することで、周縁部 166 の形状を仕上げる。その結果、図 8 の第 2 の成形品 68 (プレーキディスク) に高強度の取り付け孔 169 を形成することができる。

【0123】

このように、分割金型 154 を用いると、第 8 ビレット 153 の厚さが一定であっても、アウトパンチ 165 で第 8 ビレット 153 の周縁部 166 のセラミックス体積含有率を決定し、インナーパンチ 157 で第 8 ビレット 153 の中央部 167 のセラミックス体積含有率を決定し、穿孔機構 162 の 4 本のピン 168・・・で中央部 167 の取り付け孔 169・・・を形成した押し部 172・・・のセラミックス体積含有率を決定することができる。つまり、セラミックス体積含有率の異なる部位を多く設けることができる。

【0124】

次に請求項 4 に対応する形態を説明する。

図 23 (a), (b) は、本発明の金属基複合材製第 9 の成形品の第 9 の成形方法を説明する図 (前半) である。上記図 1、図 2、図 8～図 10 に示す実施の形態と同様の構成については、同一符号を付し説明を省略する。また、複合材料製造工程、ビレット形成工程及びビレット加熱工程は、図 9 の第 2 の成形方法と同様であり、説明を省略する。

【0125】

(a) : 第 9 の成形方法では、セラミックス皮膜を一部分に施した部分断熱金型 78B を用いることを特徴とする。

部分断熱金型 78B は、下型ダイ 81B と、上型パンチ 82B と、図に示していない温度調整手段と、を備え、第 2 の成形方法に用いた金型 78 (図 9 参照) と型の寸法は同じである。

部分断熱金型 78B の母材の材質は、例えば、合金工具鋼を選択した。

【0126】

下型ダイ 81B は、ビレットに接触する部位であるところの第 1～第 4 型面 177～181 を有し、第 1 型面 177 は、母材 (合金工具鋼) に断熱手段としてのセラミックス皮膜 182 をプラズマ溶射で施した部位である。

セラミックス皮膜 182 は、断熱を主な目的とし、熱伝導率の小さい材料を用いた。

セラミックス皮膜 182 の溶射材料は、ジルコニア (ZrO_2) である。ジルコニア以外の溶射材料としては、ケイ酸アルミニウム ($Al_2O_3 \cdot SiO_2$) を挙げることができ、ケイ酸アルミニウムの代表的なものとしては、ムライト ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$) がある。

【0127】

第 9 の成形方法では、セラミックス皮膜 182 の皮膜厚さ t_i は、 $100\mu m \sim 1000\mu m$ の範囲に形成する。

皮膜厚さが $100\mu m$ 未満になると、皮膜が薄すぎて、断熱性は悪くなり、所定温度のビレット ((b) の第 9 ビレット 77B を参照) をセットした際に、ビレットは急冷され、ビレットの表層 (例えば、深さ $0.5mm$) に発生する急冷層は厚くなる。その結果、成形品の表層と深層 (厚さの中心) との間におけるセラミックス体積含有率 V_f のばらつきは大きくなる。ばらつきは、データ中の最大値と最小値の差を用いた。

皮膜厚さが $1000\mu\text{m}$ を超えると、金型と接触している時間内での断熱性は最大となり、急冷層の厚さは薄くならない。所定温度のピレット (b) の第9ピレット77Bを参照) をセットした際に、ピレットの表層 (例えば、深さ 0.5mm) に形成される急冷層の厚さは変化しない。つまり、急冷層は最も薄い状態である。その結果、成形品の表層と深層 (厚さの中心) との間におけるセラミックス体積含有率 V_f のばらつきをこれ以上小さくすることはできない。

【0128】

なお、皮膜厚さ t_i は、完成時の厚さで、例えば、切削後又は研削後の厚さであり、ここでは、 $500\mu\text{m}$ とした。

断熱手段としては、溶射被膜を採用せずに、シート、例えば、セラミックス (ケイ酸アルミニウム) の薄板を用いることも可能である。シートの厚さは、皮膜厚さと同じである。

【0129】

上型パンチ82Bは、ピレットに接触する部位であるところの第1～第3型面183～185を有し、第1型面183は、母材 (合金工具鋼) に断熱手段としてのセラミックス皮膜186をプラズマ溶射で施した部位である。セラミックス皮膜186は、下型ダイ81Bに施したセラミックス皮膜182と同様であり、説明を省略する。

【0130】

(b) : 第9の成形方法のピレット形成工程では、金属基複合材料27 (図2参照) 又はアルミニウム基複合材ピレット66 (図7参照) を用いて第9ピレット77Bを形成する。第9ピレット77Bは、第2ピレット77 (図9参照) と同様であり、直径を D_2 、第9ピレット77Bの高さを H_b に形成した。

【0131】

加圧工程では、第9ピレット77Bを 580°C 以上に保持しながら、セラミックス皮膜を施した部分断熱金型78Bにセットし、部分断熱金型78Bを取り付けたプレス機41の稼働により成形を開始する。

加圧工程では、第9ピレット77Bを下型ダイ81Bのセラミックス皮膜182の上にセットすると、セラミックス皮膜182は第9ピレット77Bの熱を矢印 u_1 、 u_2 の如く断熱するので、第9ピレット77Bの表層は急冷され難い。

引き続き、上型パンチ82Bを下降させる。

【0132】

図24 (a), (b) は、本発明の金属基複合材製第9の成形品の第9の成形方法を説明する図 (後半) である。

(a) : 上型パンチ82Bを下降させてセラミックス皮膜186を第9ピレット77Bに接触させ、第9ピレット77Bを加圧する。

加圧工程では、第9ピレット77Bに上型パンチ82Bのセラミックス皮膜186を接触させると、セラミックス皮膜186は第9ピレット77Bの熱を矢印 u_3 、 u_4 の如く断熱するので、第9ピレット77Bの表層は急冷され難い。

【0133】

また、第9ピレット77Bに圧力を加える過程では、 580°C 以上のアルミニウム合金22は、凝集体21...の粒の間からしみ出るように流動する。詳しくは、第9ピレット77Bは、表層に生成される急冷層は薄く、表層に位置するアルミニウム合金22の流動性は損なわれず、表層に位置するアルミニウム合金22は、深層に位置するアルミニウム合金22とはほぼ同様に横の外方に小さい流動抵抗に抗して流出することができる。

【0134】

(b) : 上型パンチ82Bの下降を続け、下降ストロークが下限に達すると同時に、第9の成形品188が完成する。

第9ピレット77Bに圧力を加える過程では、セラミックス皮膜182、186によって第9ピレット77B ((a) 参照) の温度低下は抑制され、締結部191の表層から深層におけるセラミックス体積含有率 V_f のばらつきは、小さくなる。

【0135】

このように、金属基複合材製成形品（第9の成形品188）の成形方法に用いる部分断熱金型78Bは、第9ピレット77Bに接触する下型ダイ81Bの第1型面177にセラミックス皮膜182を施し、また、第9ピレット77Bに接触する上型パンチ82Bの第1型面183にセラミックス皮膜186を施したものをを用いたので、部分断熱金型78Bの熱伝導率は断熱手段を施さない金型より小さくなり、金型側の熱伝導率を制御しない場合に比べ、金属基複合材製成形品の表層から深層におけるセラミックス体積含有率のばらつきを小さくすることができる。

【0136】

図25(a)～(c)は、本発明の金属基複合材製第10の成形品の第10の成形方法を説明する図（前半）である。上記図23、図24に示す実施の形態と同様の構成については、同一符号を付し説明を省略する。

(a)：第10の成形方法では、セラミックス皮膜を全体に施した全体断熱金型78Cを用いることを特徴とする。

全体断熱金型78Cは、下型ダイ81Cと、上型パンチ82Cと、図に示していない温度調整手段と、を備える。

全体断熱金型78Cの母材の材質は、例えば、合金工具鋼である。

【0137】

下型ダイ81Cは、ピレットに接触する部位であるところの第1～第4型面192～195を有し、第1～第4型面192～195は、母材（合金工具鋼）に断熱手段としてのセラミックス皮膜182をプラズマ溶射で施した部位である。

【0138】

上型パンチ82Cは、ピレットに接触する部位であるところの第1～第3型面196～198を有し、第1～第3型面196～198は、母材（合金工具鋼）に断熱手段としてのセラミックス皮膜186をプラズマ溶射で施した部位である。

【0139】

加圧工程では、第10ピレット77C（図23(b)の第9ピレット77Bと同じ）を580℃以上に保持しながら、セラミックス皮膜を施した全体断熱金型78Cにセットし、全体断熱金型78Cを取り付けたプレス機41の稼働により成形を開始する。

【0140】

(b)：第10ピレット77Cに圧力を加える過程では、流出するアルミニウム合金22の先端201（図の左）、202（図の右）は、セラミックス皮膜182、186によって矢印u・・・の如く断熱されるから、温度低下に伴う流動抵抗の増加は起き難い。

【0141】

(c)は、(b)の成形途中の第10ピレット77Cの状態を示す斜視図であり、流出するアルミニウム合金22の先端201（図の左）、202（図の右）、203、204は、(b)に示す全体断熱金型78Cに施したセラミックス皮膜182、186の断熱によって温度低下に伴う流動抵抗の増加は起き難い。その結果、(c)に示す締結部205の両面の表層に位置するアルミニウム合金22は、深層に位置するアルミニウム合金22と同様に矢印w・・・の如く流出する。従って、締結部205の表層から深層におけるセラミックス体積含有率Vfのばらつきはより小さくなる。

【0142】

図26は、本発明の金属基複合材製第10の成形品の第10の成形方法を説明する図（後半）である。

上型パンチ82Cの下降を続け、下降ストロークが下限に達すると同時に、第10の成形品206が完成する。

第10ピレットに圧力を加える過程では、セラミックス皮膜182、186によって流出する第10ピレットの先端の温度低下も抑制するので、締結部205の表層から深層におけるセラミックス体積含有率Vfのばらつきは、セラミックス皮膜182、186を施していない金型より小さくなる。

【0143】

図27は、本発明の成形方法に用いた断熱手段を施した金型と成形品のセラミックス体積含有率の関係を示したグラフであり、横軸を、断熱なし、部分断熱、全体断熱の金型とし、縦軸をセラミックス体積含有率 V_f としたものである。なお、成形の条件は、プレス圧力 P はピレットの投影面積に対する面圧で 650 kg/cm^2 、加圧速度 V_p は約 130 mm/秒 、ピレットの加熱する所定温度は 580°C 以上、圧縮比 R_h は 6.8 、金型温度は 300°C 、金型に溶射したセラミックス皮膜の皮膜厚さは $500\text{ }\mu\text{m}$ である。

【0144】

○印は、締結部の一方の表層で、深さ 0.5 mm の位置のセラミックス体積含有率 V_f を示す。

◎印は、締結部の他方の表層で、深さ 0.5 mm の位置のセラミックス体積含有率 V_f を示す。

●印は、締結部の深層で、厚さの中心となる深さ 4 mm の位置のセラミックス体積含有率 V_f を示す。

【0145】

断熱なしは、セラミックス皮膜を施さない金型で、図9の金型78に相当する。

部分断熱は、ピレットに接触する部位の中央にのみセラミックス皮膜を施した金型で、図23の金型78Bに相当する。

全体断熱は、ピレットに接触する部位の全体にセラミックス皮膜を施した金型で、図25の金型78Cに相当する。

【0146】

断熱なしの金型では、セラミックス体積含有率 V_f は $28\%\sim 42\%$ で、ばらつき（最大値と最小値の差）は 14 である。

部分断熱の金型では、セラミックス体積含有率 V_f は $31\%\sim 39\%$ で、ばらつきは 8 まで小さくなる。

全体断熱の金型では、セラミックス体積含有率 V_f は $33\%\sim 38\%$ で、ばらつきは 5 までさらに小さくなる。

【0147】

尚、本発明の金属基複合材製成形品の成形方法は、実施の形態では四輪車に適用したが、二輪車にも適用可能であり、一般の車両や産業機械に適用することは差し支えない。

【産業上の利用可能性】

【0148】

本発明の金属基複合材製成形品の成形方法は、四輪車に好適である。

【図面の簡単な説明】

【0149】

【図1】本発明の第1の成形方法で成形した金属基複合材製第1の成形品の説明図

【図2】本発明の成形方法の複合材料製造工程及びピレット形成工程を説明する図

【図3】本発明の第1の成形方法のピレット加熱工程及び加圧工程（前半）を説明する図

【図4】本発明の第1の成形方法の加圧工程（後半）を説明する図

【図5】本発明の第1の成形方法の圧縮比と第1の成形品のセラミックス体積含有率の関係を示したグラフ

【図6】本発明の第1の成形方法で使用する金型の加圧速度と第1の成形品のセラミックス体積含有率の関係を示したグラフ

【図7】別の複合材料製造工程及び別のピレット形成工程を説明する図

【図8】本発明の第2、第3の成形方法で成形した金属基複合材製第2、第3の成形品の説明図

【図9】本発明の第2の成形方法の加圧工程（前半）を説明する図

【図10】本発明の第2の成形方法の加圧工程（後半）を説明する図

【図11】本発明の第2の成形方法で成形した成形品の中央部のセラミックス体積含有率

有率と周縁部のセラミックス体積含有率の関係を示したグラフ

【図 12】 本発明の第 3 の成形方法を説明する図

【図 13】 本発明の第 4 の成形方法で成形した金属基複合材製第 4 の成形品を説明する図

【図 14】 本発明の第 4 の成形方法の加圧工程を説明する図（その 1）

【図 15】 本発明の第 4 の成形方法の加圧工程を説明する図（その 2）

【図 16】 本発明の第 4 の成形方法の加圧工程を説明する図（その 3）

【図 17】 本発明の第 5 ～ 第 7 の成形方法で成形した金属基複合材製第 5 ～ 第 7 の成形品の斜視図

【図 18】 本発明の金属基複合材製第 5 の成形品の第 5 の成形方法を説明する図

【図 19】 本発明の金属基複合材製第 6 の成形品の第 6 の成形方法を説明する図

【図 20】 本発明の金属基複合材製第 7 の成形品の第 7 の成形方法を説明する図

【図 21】 本発明の金属基複合材製第 8 の成形品の第 8 の成形方法を説明する図（前半）

【図 22】 本発明の金属基複合材製第 8 の成形品の第 8 の成形方法を説明する図（後半）

【図 23】 本発明の金属基複合材製第 9 の成形品の第 9 の成形方法を説明する図（前半）

【図 24】 本発明の金属基複合材製第 9 の成形品の第 9 の成形方法を説明する図（後半）

【図 25】 本発明の金属基複合材製第 10 の成形品の第 10 の成形方法を説明する図（前半）

【図 26】 本発明の金属基複合材製第 10 の成形品の第 10 の成形方法を説明する図（後半）

【図 27】 本発明の成形方法に用いた断熱手段を施した金型と成形品のセラミックス体積含有率の関係を示したグラフ

【図 28】 従来の複合材を一部に用いたプーリの製造方法を説明する図

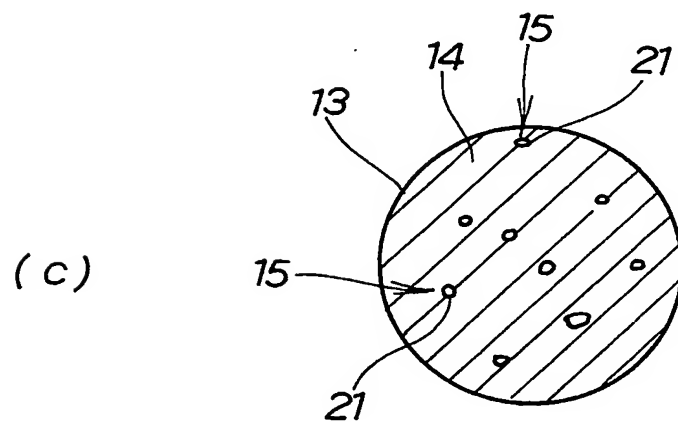
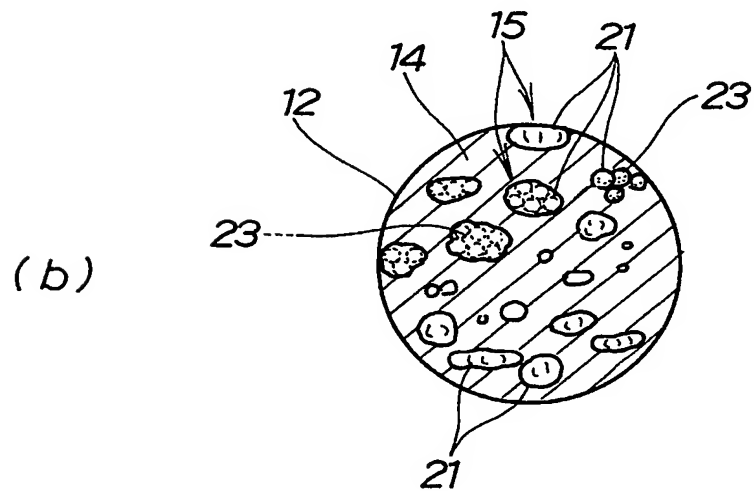
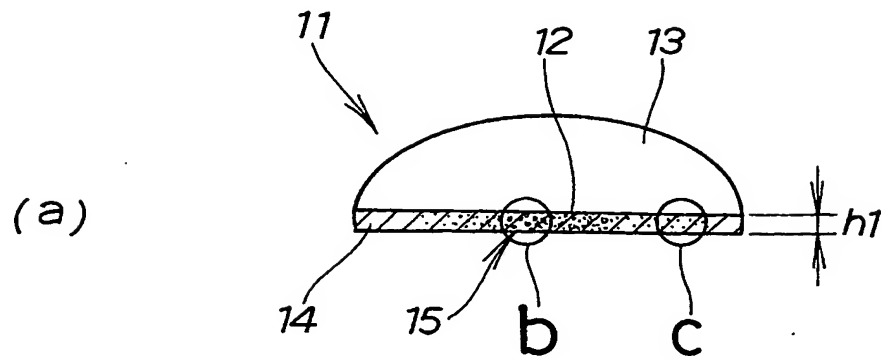
【図 29】 従来の複合材の製造方法を説明する図

【符号の説明】

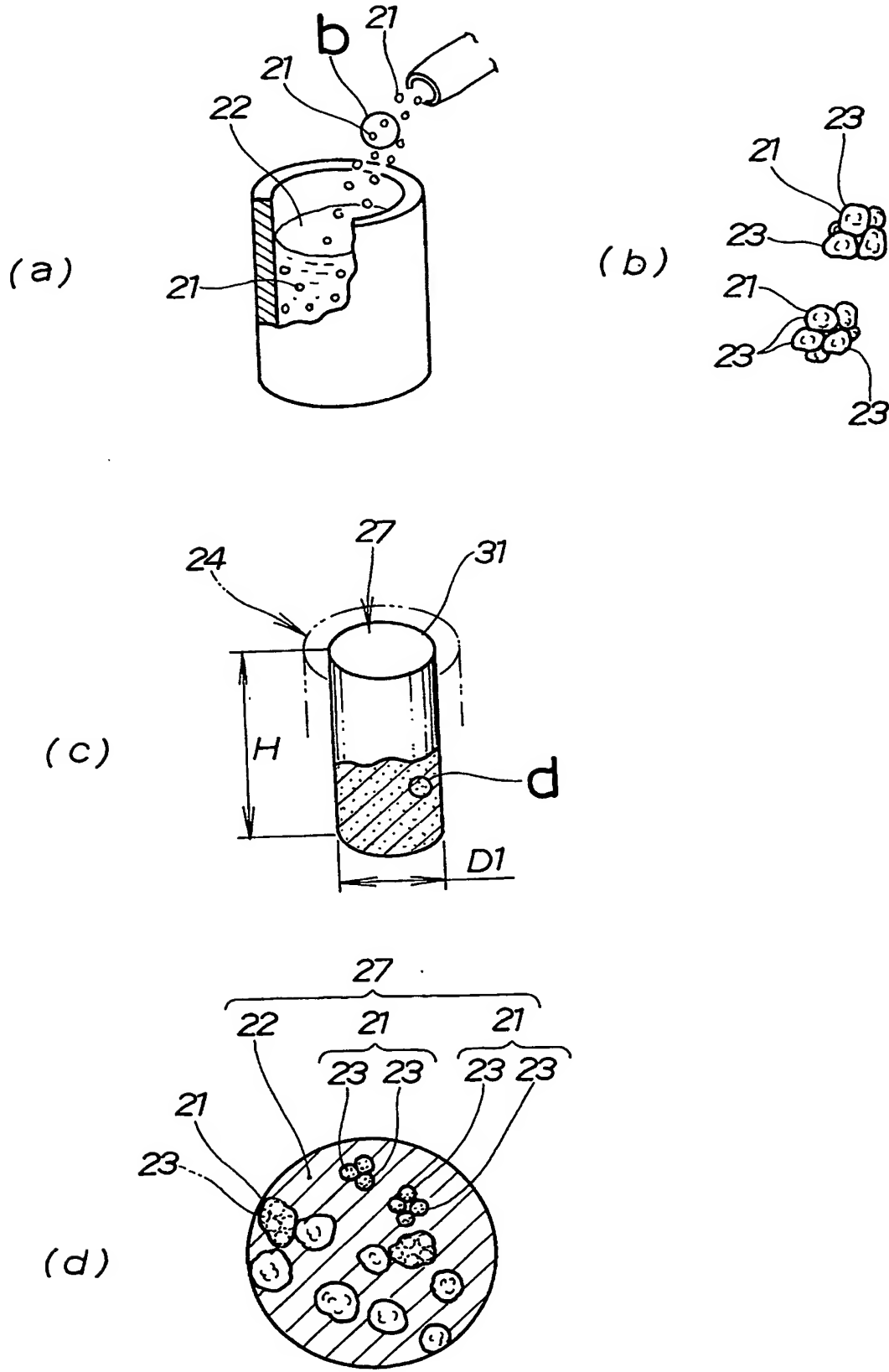
【0150】

11…金属基複合材製第 1 の成形品、12…成形品の部位（中央部）、13…成形品の部位（周縁部）、14…金属、15…セラミックス、27…金属基複合材料、21…アルミナの凝集体、22…アルミニウム合金、37…金型、31…第 1 ビレット、68…金属基複合材製第 2 の成形品、72…成形品の部位（締結部）、73…成形品の部位（連結部）、78B…断熱手段を施した金型（部分断熱金型）、78C…断熱手段を施した金型（全体断熱金型）、128…部位別に高さに変化をもたせたビレット（第 5 ビレット）、136…部位別に高さに変化をもたせたビレット（第 6 ビレット）、144…部位別に高さに変化をもたせたビレット（第 7 ビレット）、154…分割金型。

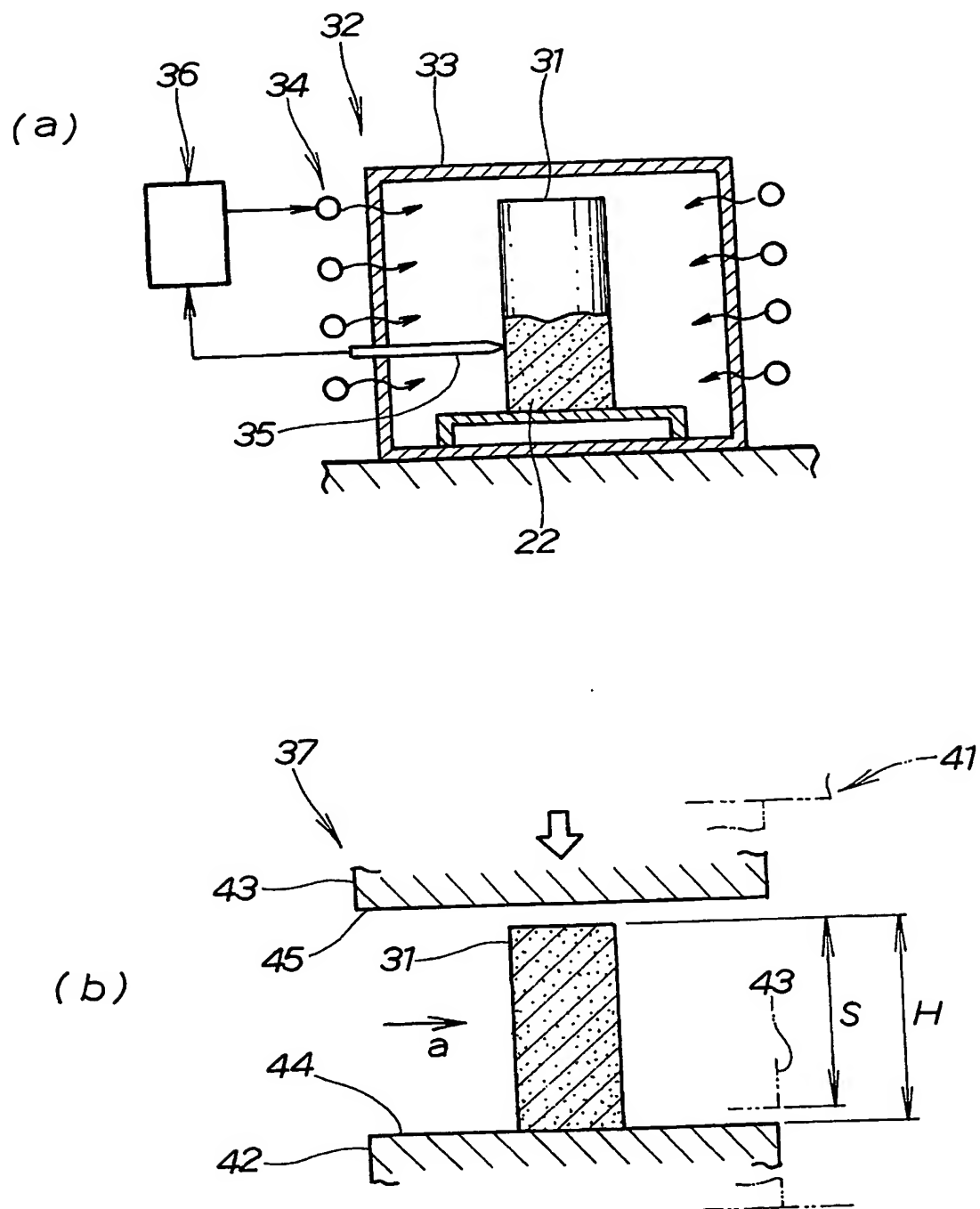
【書類名】 図面
【図 1】



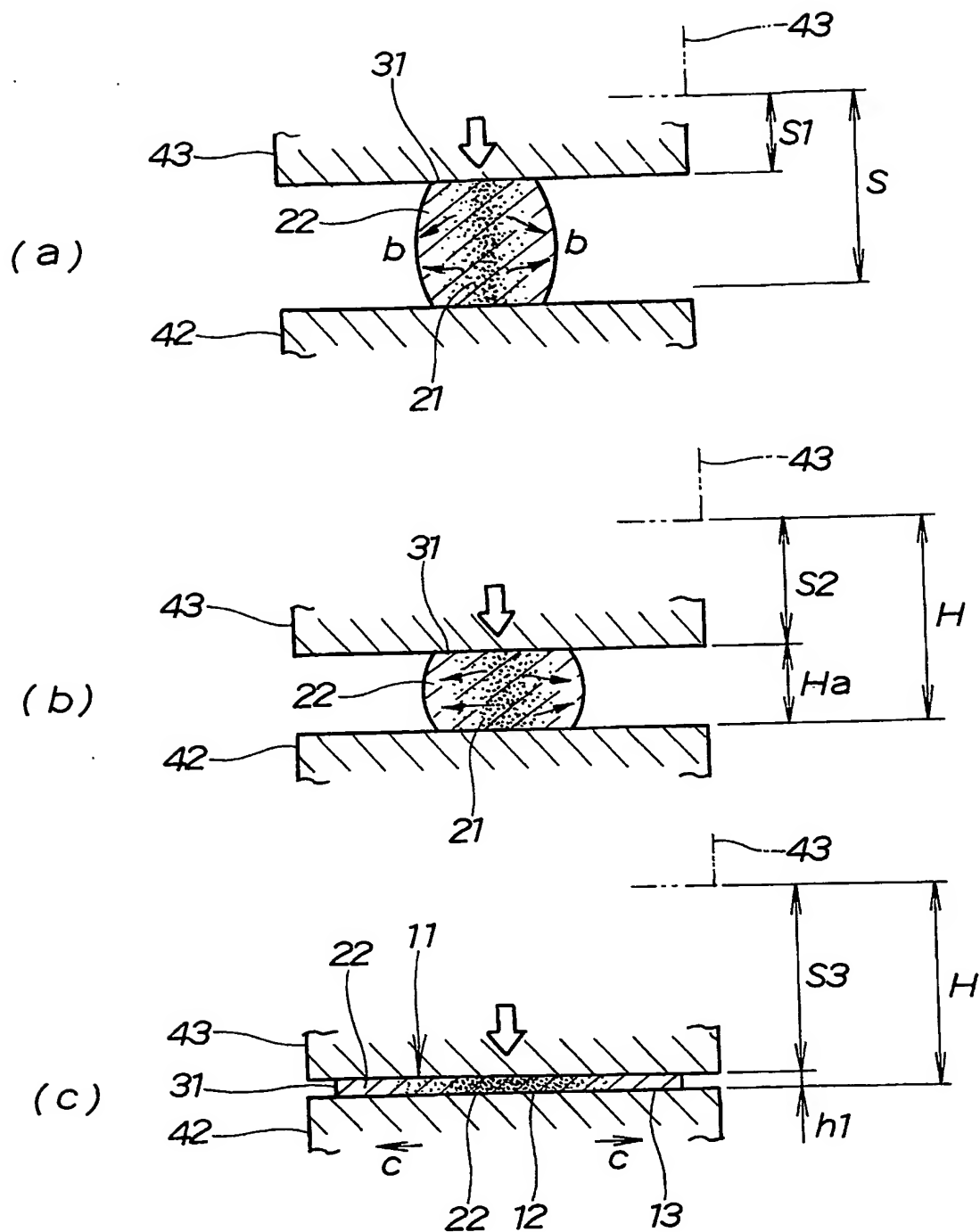
【図 2】



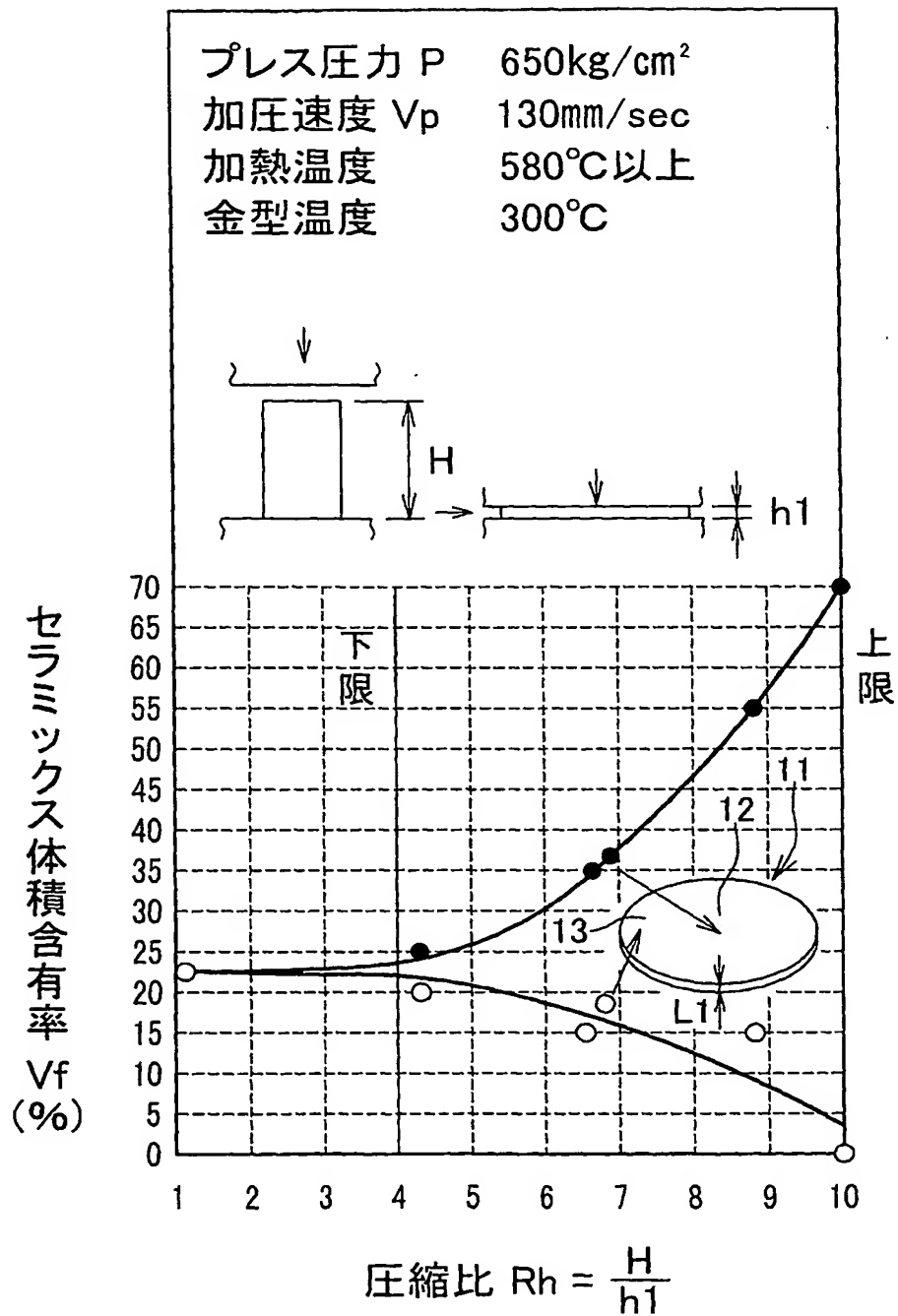
【図 3】



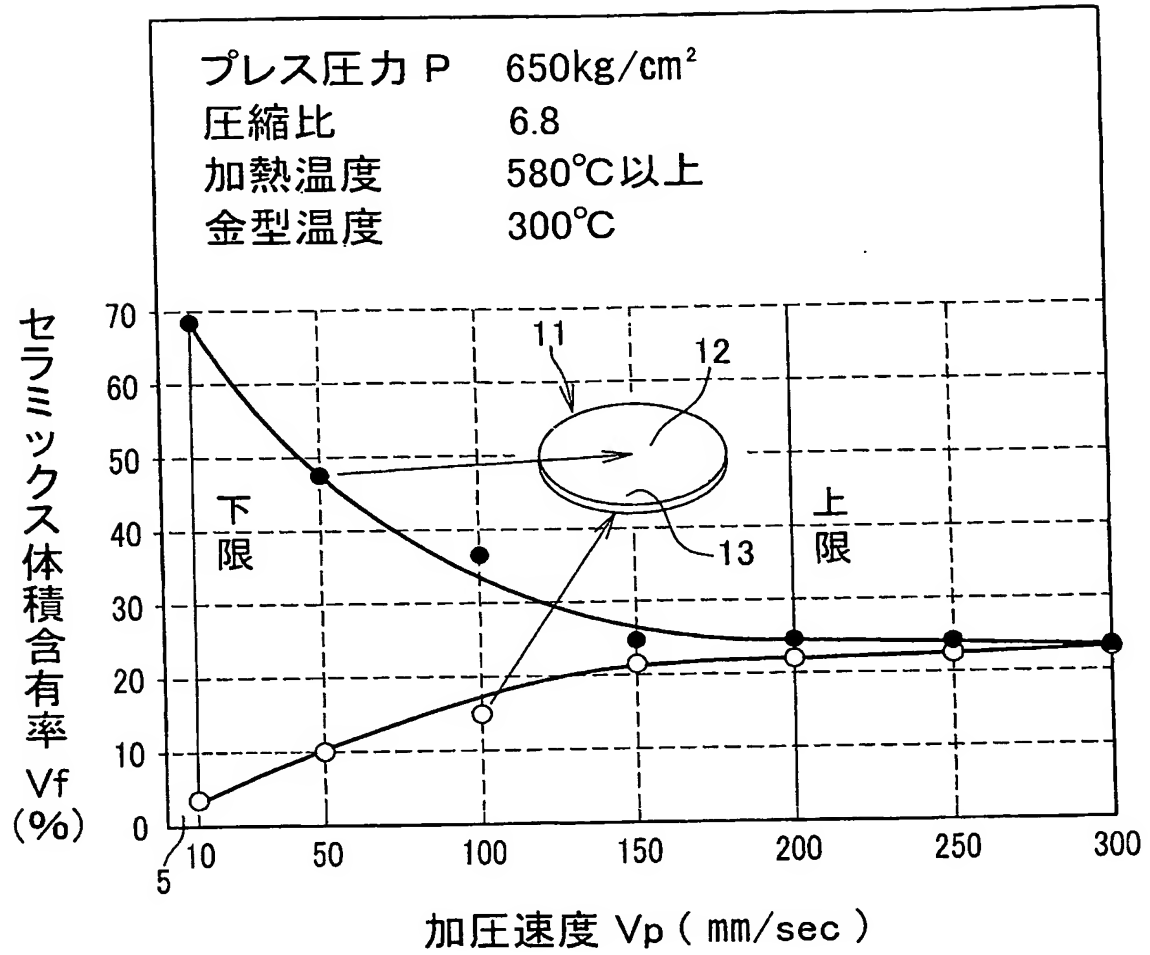
【圖 4】



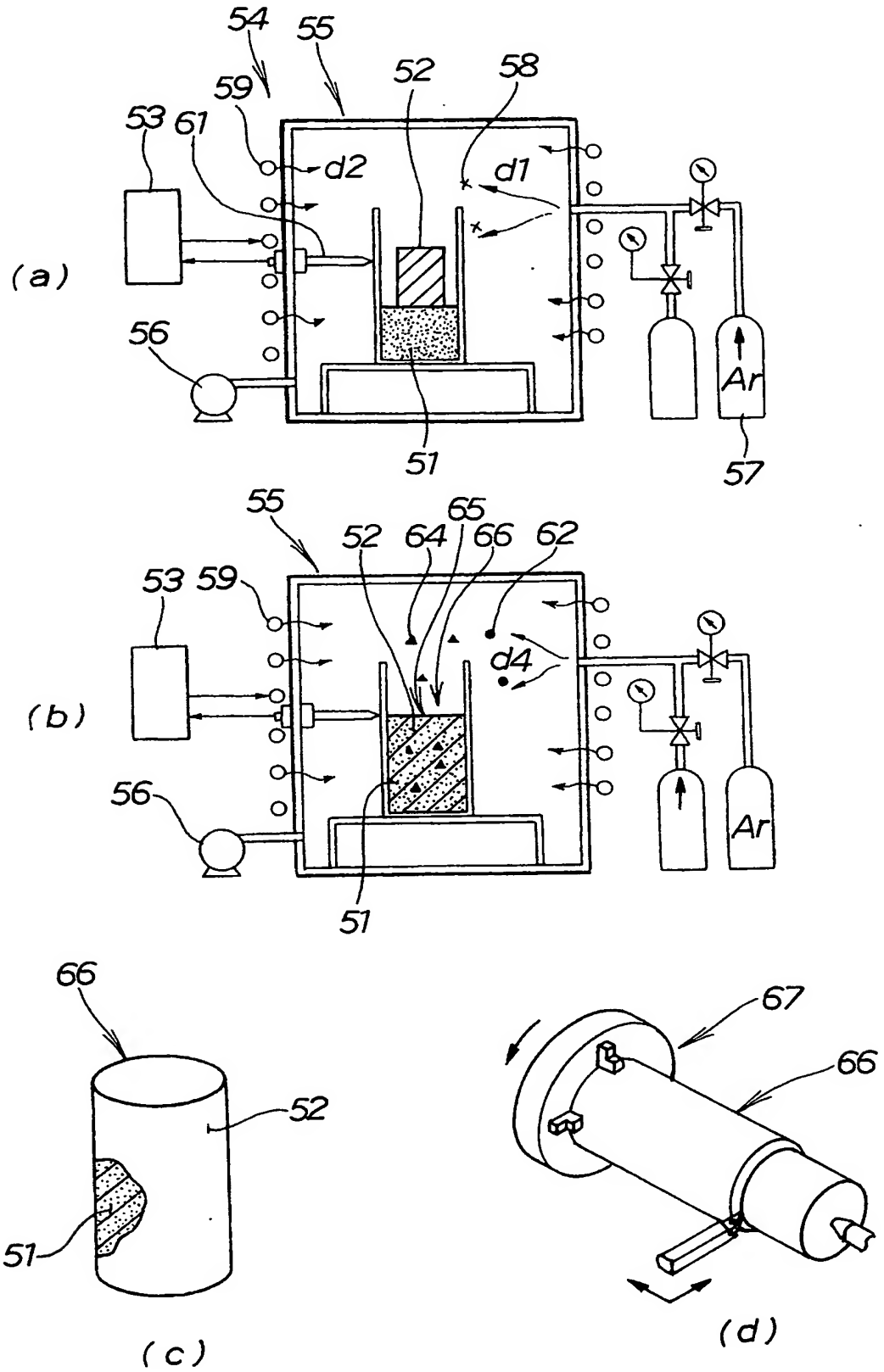
【図 5】



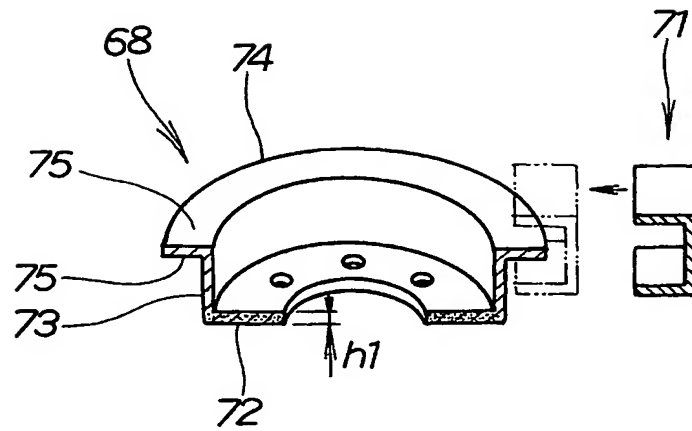
【図 6】



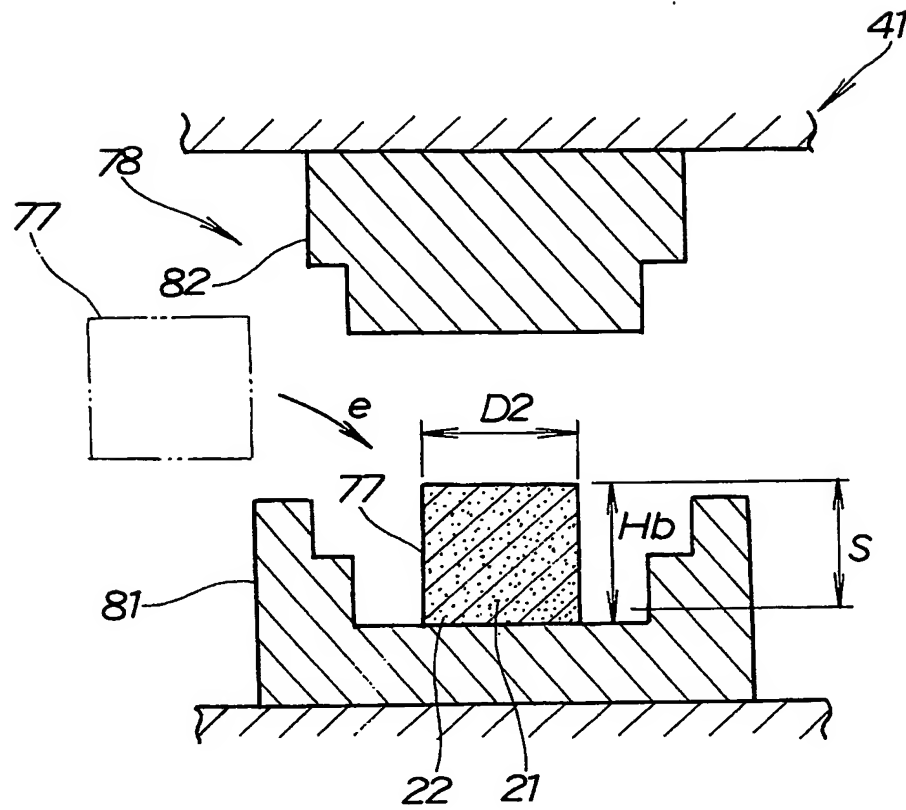
【図 7】



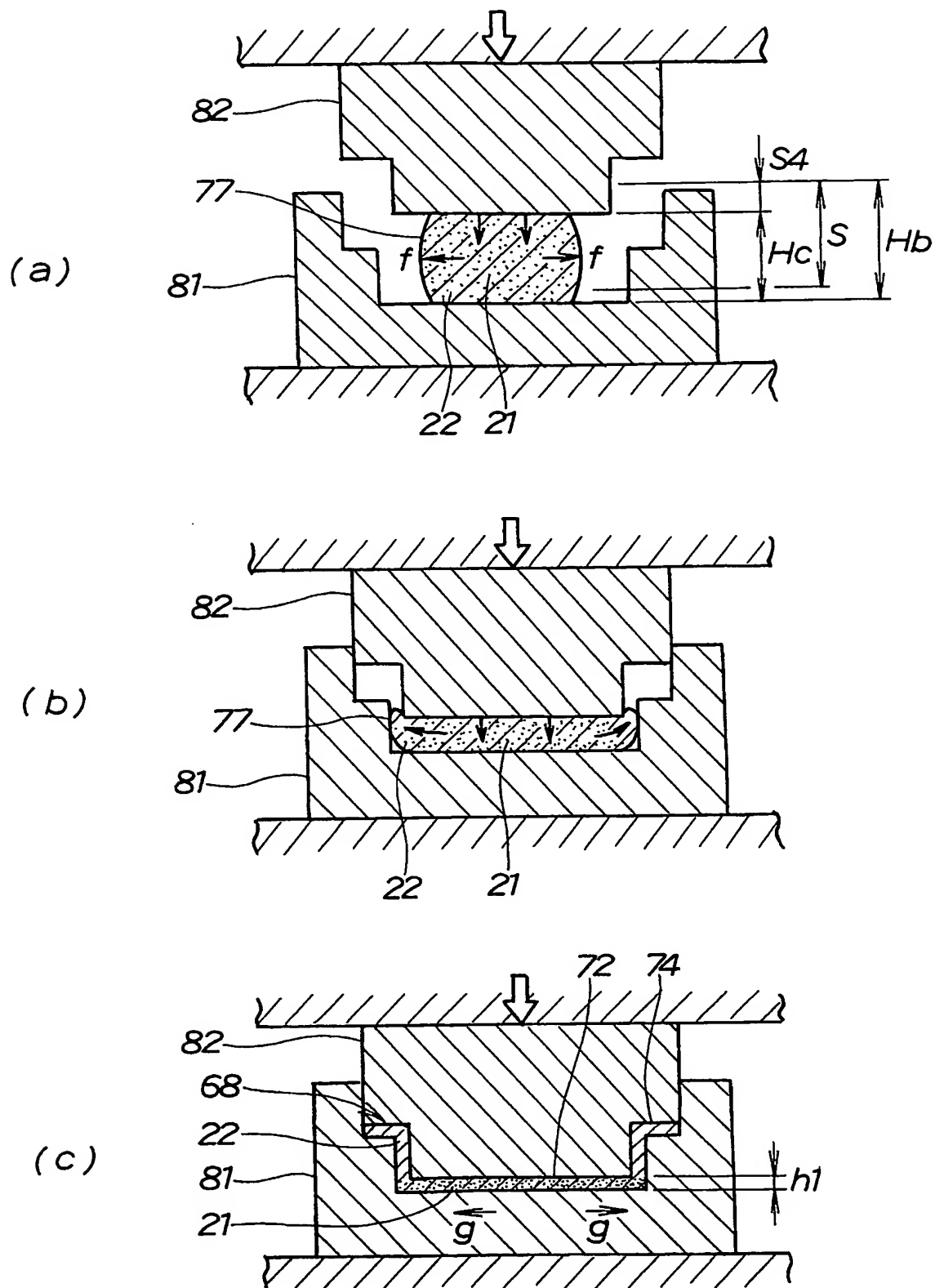
【図 8】



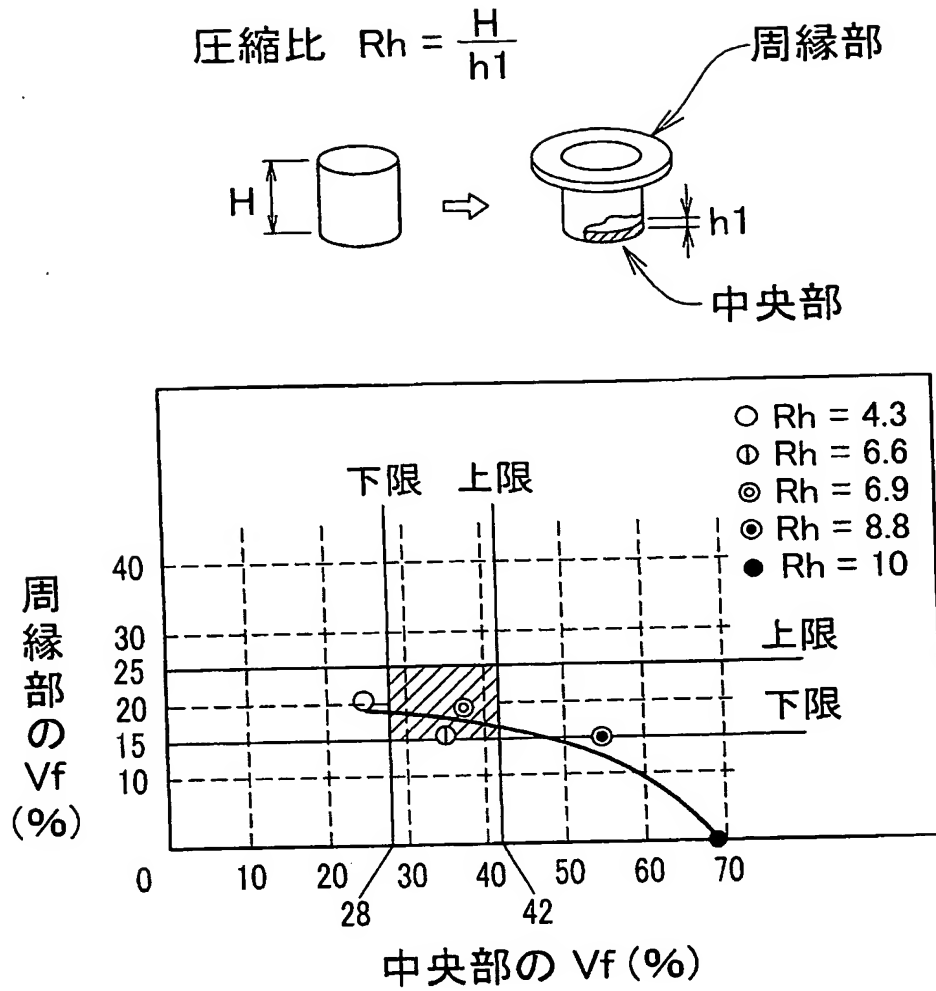
【図 9】



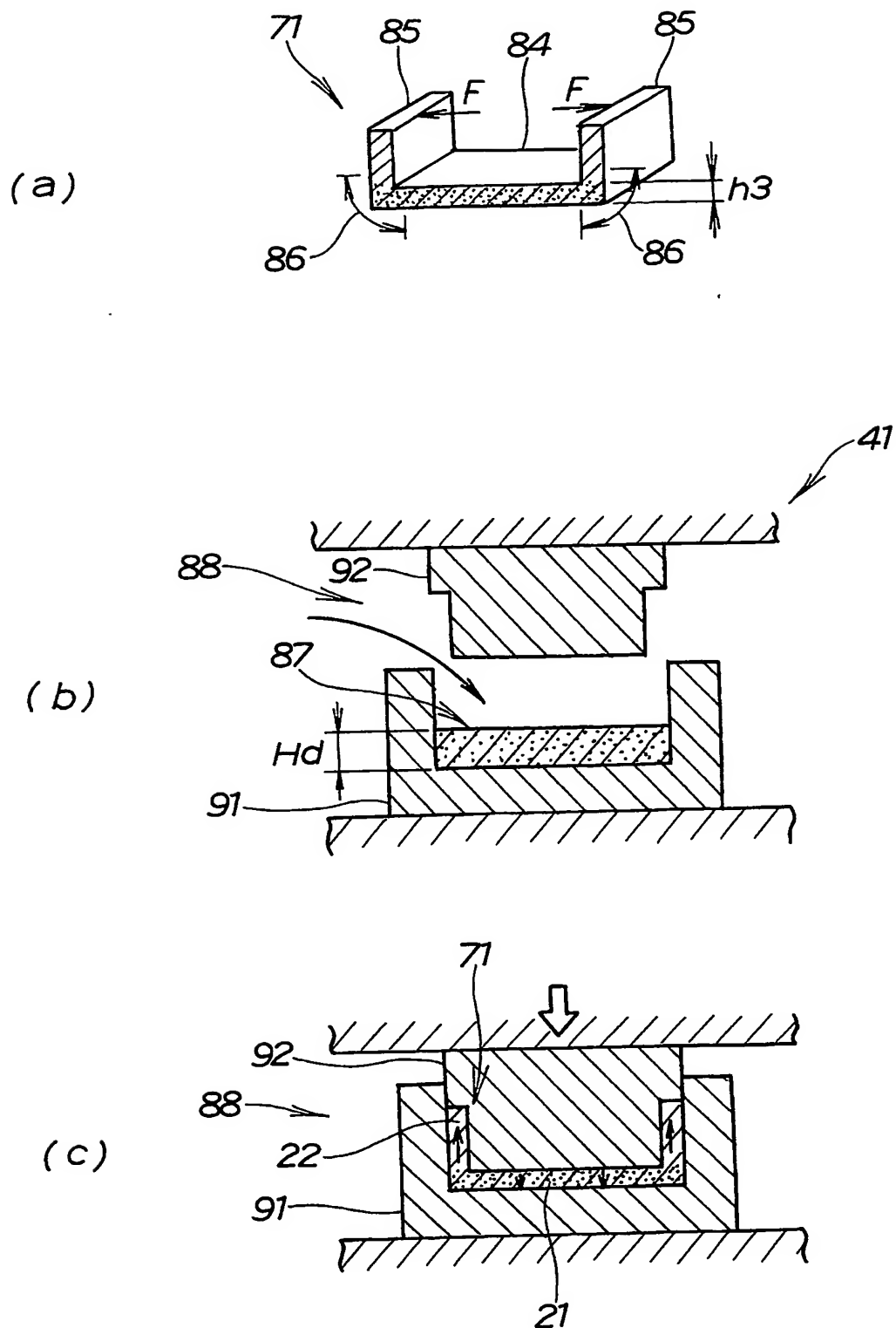
【図 10】



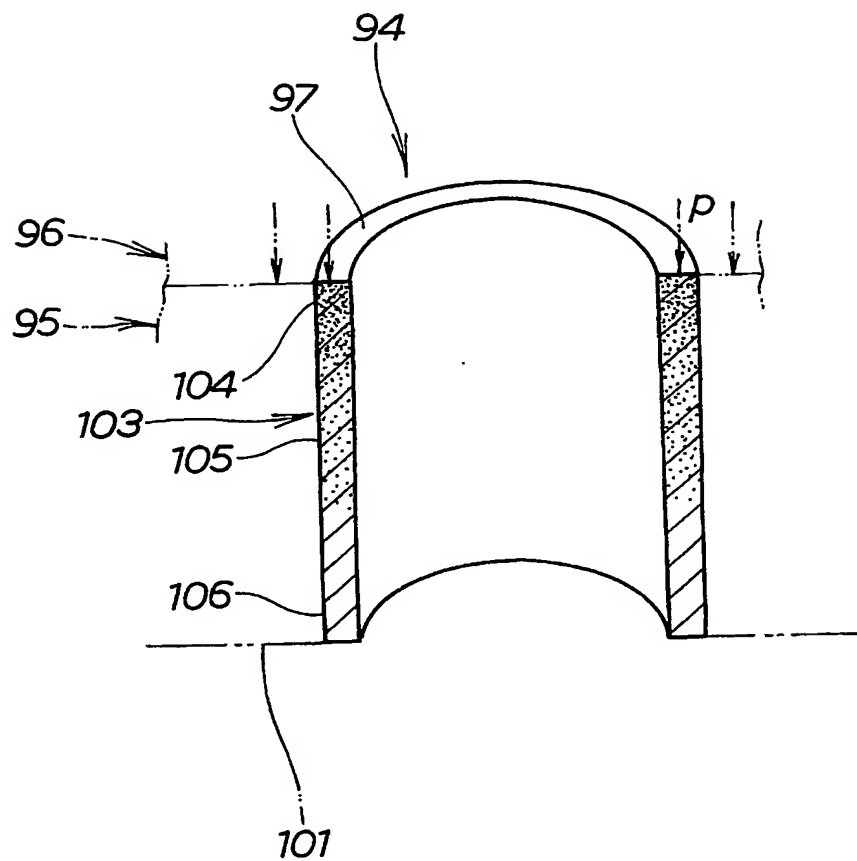
【図 11】



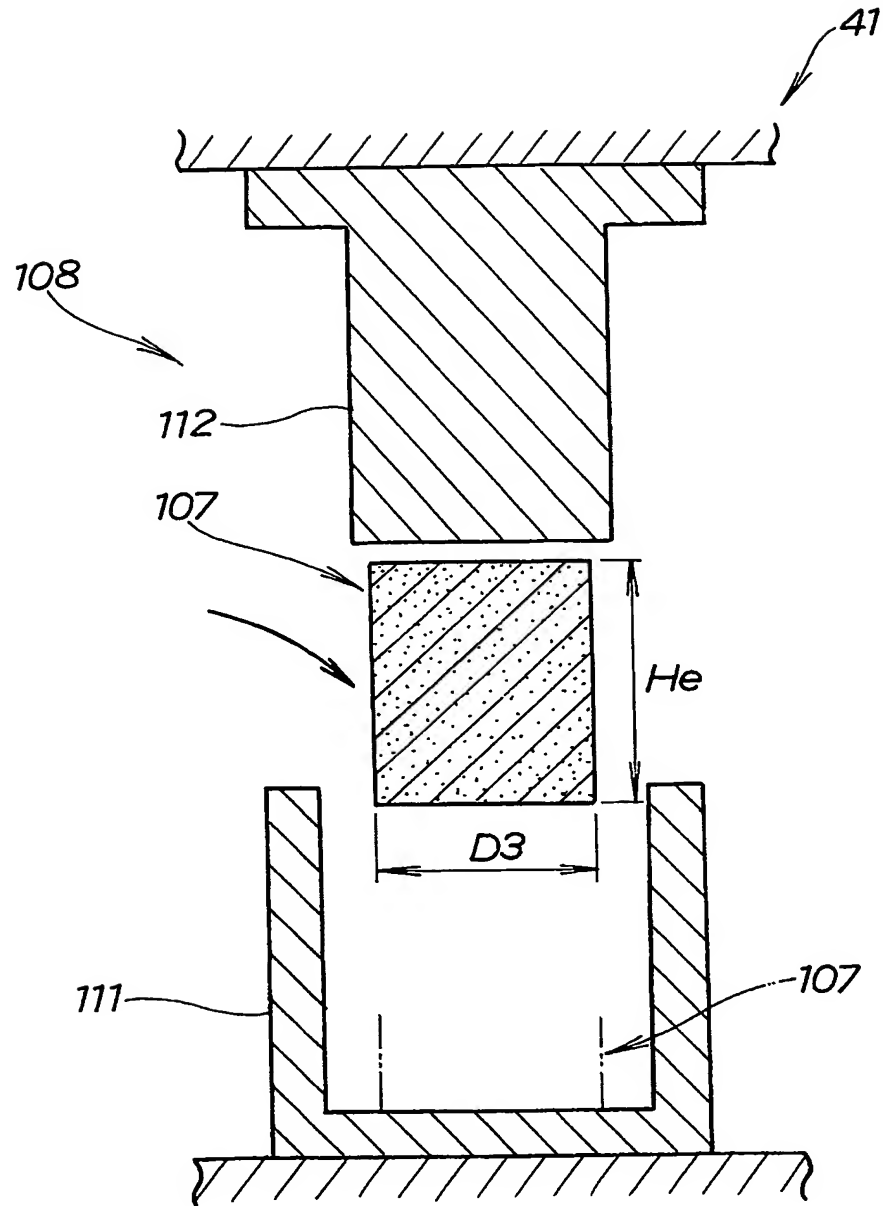
【図 12】



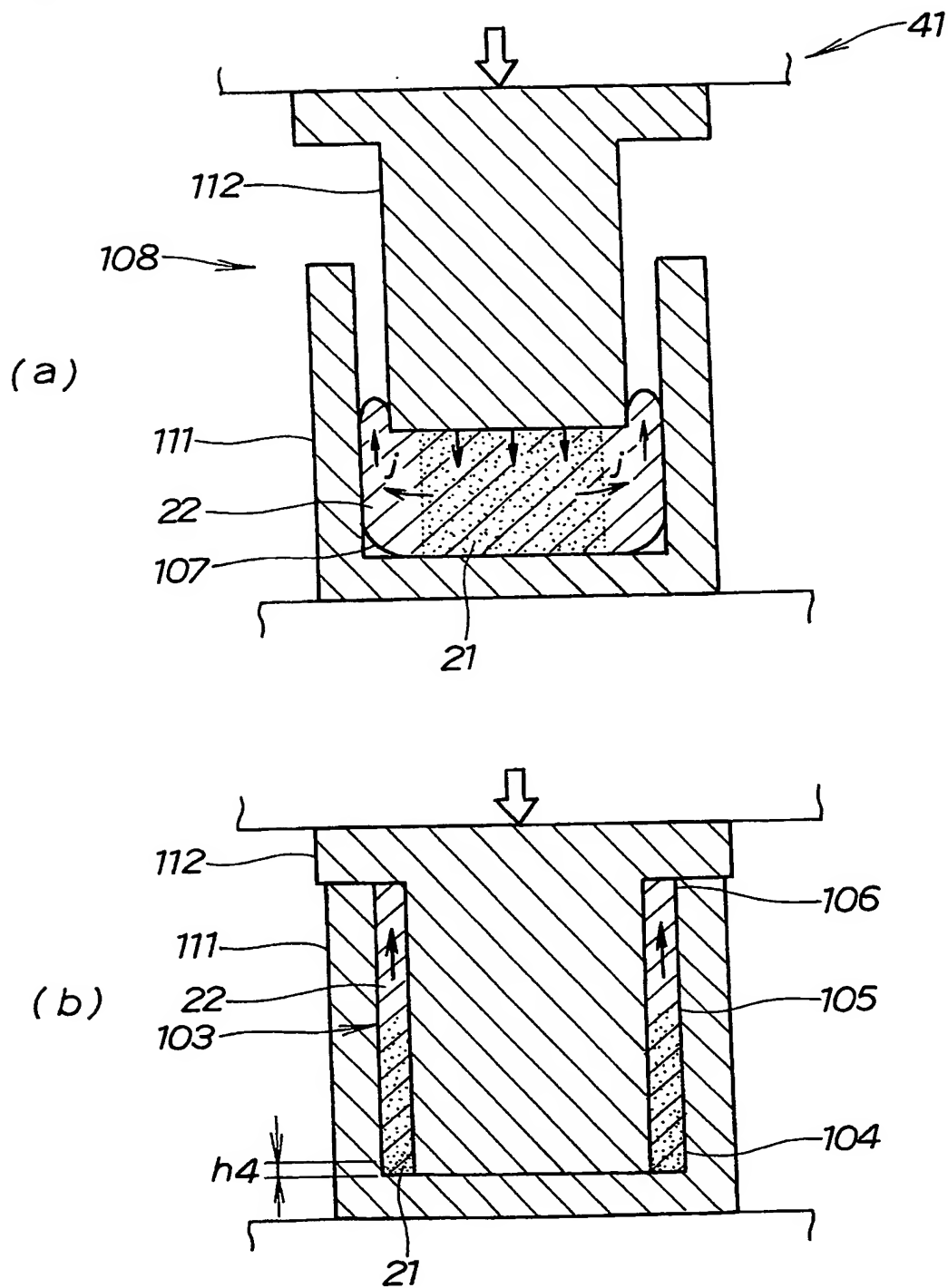
【図 13】



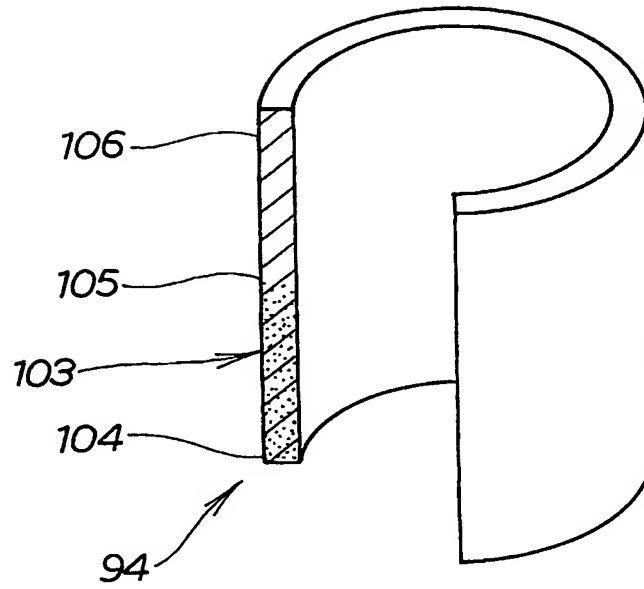
【図 14】



【図 15】

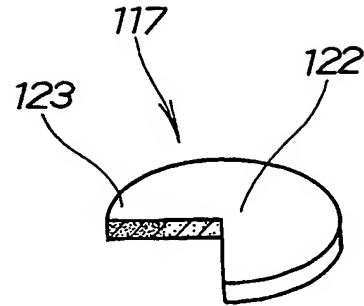


【図 16】

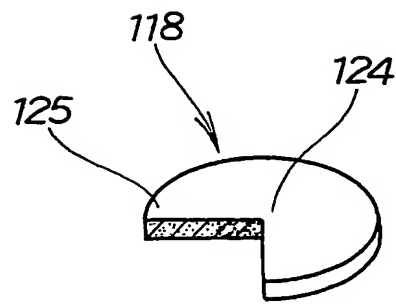


【図 17】

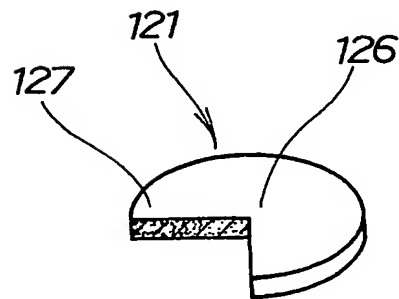
(a)



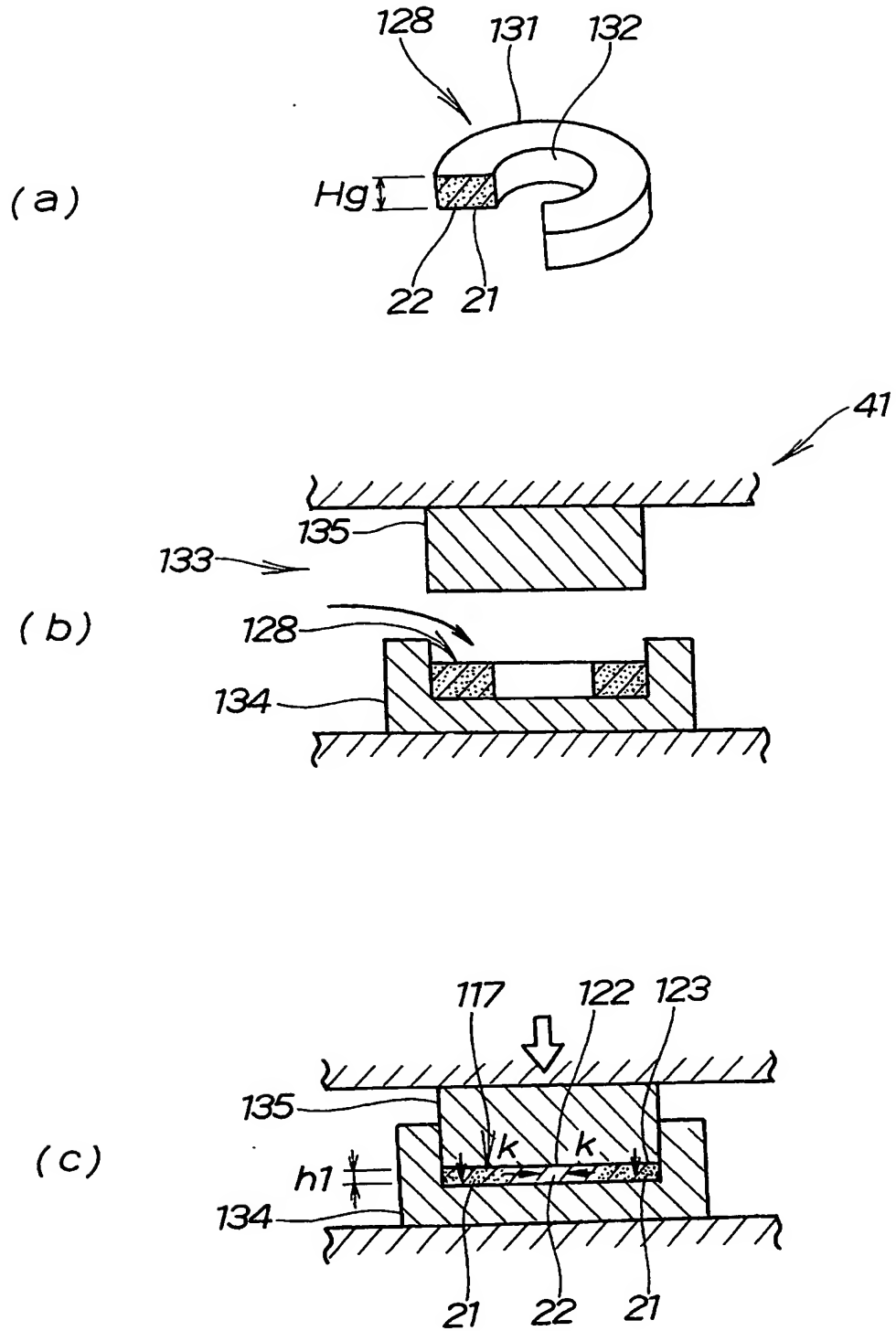
(b)



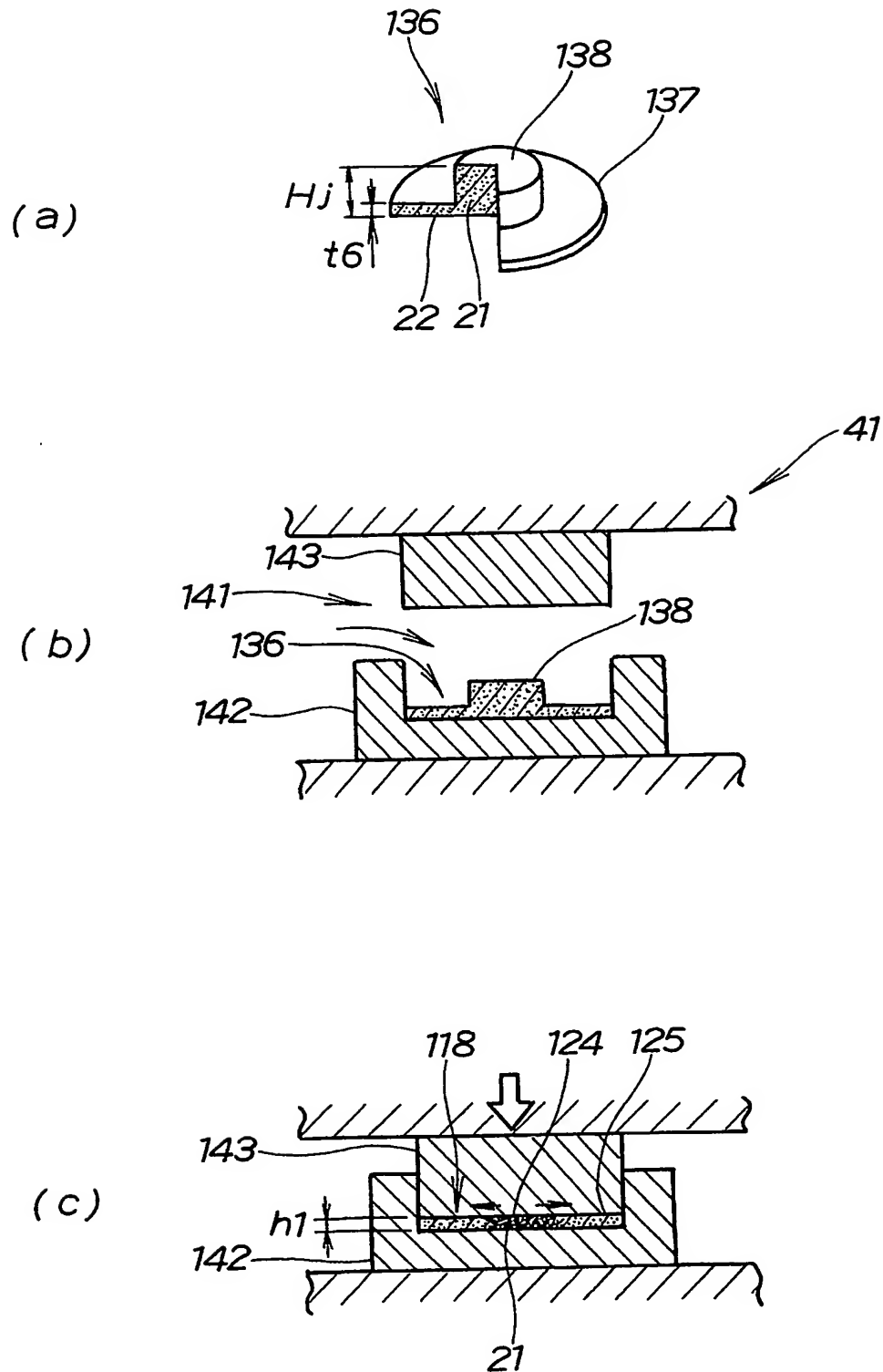
(c)



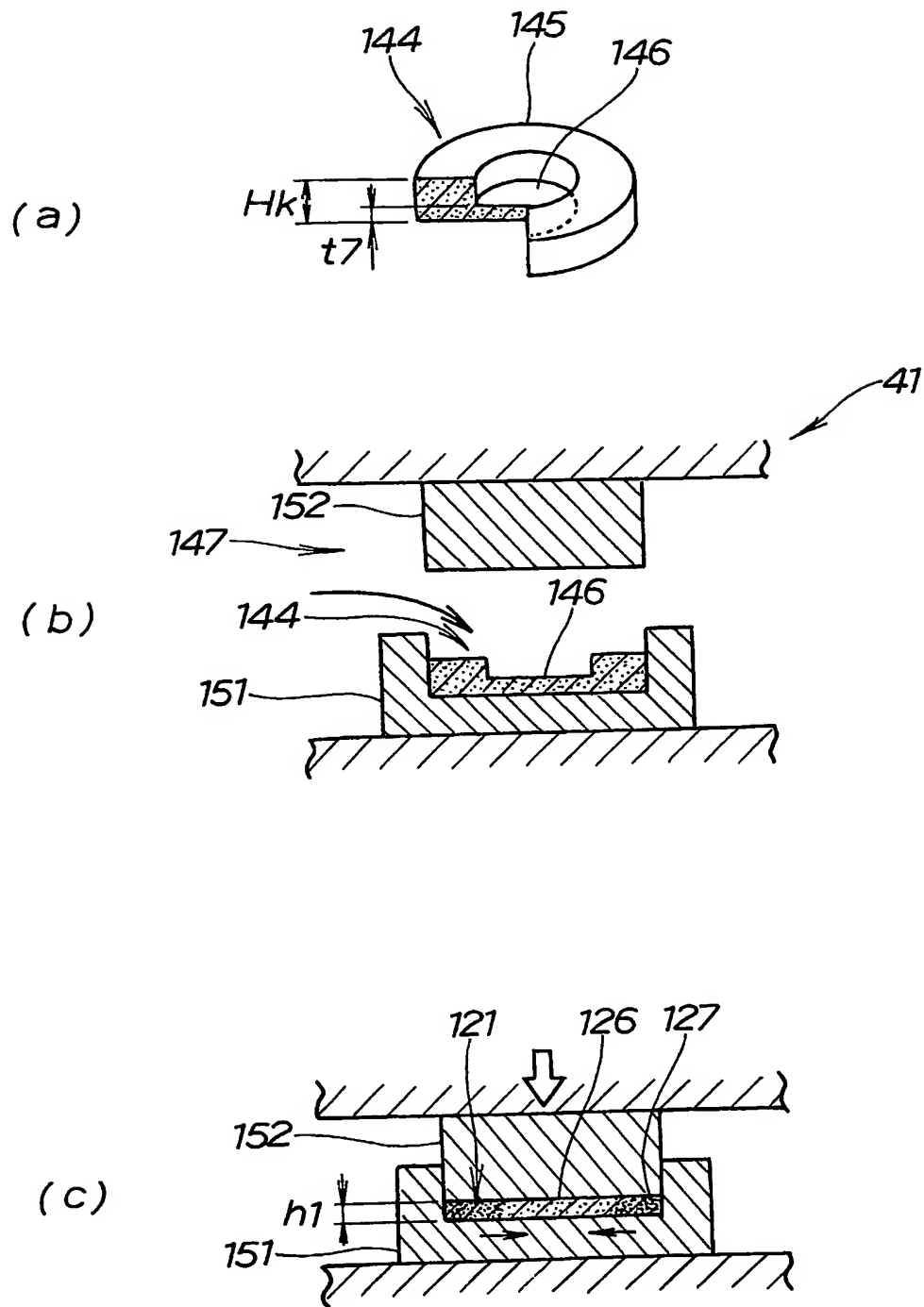
【図 18】



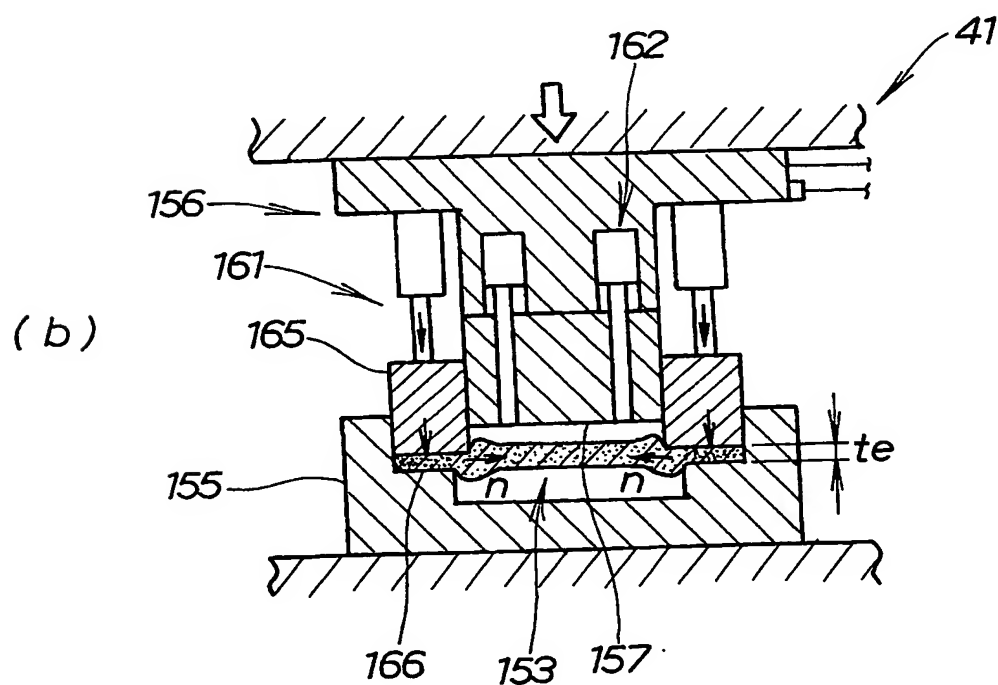
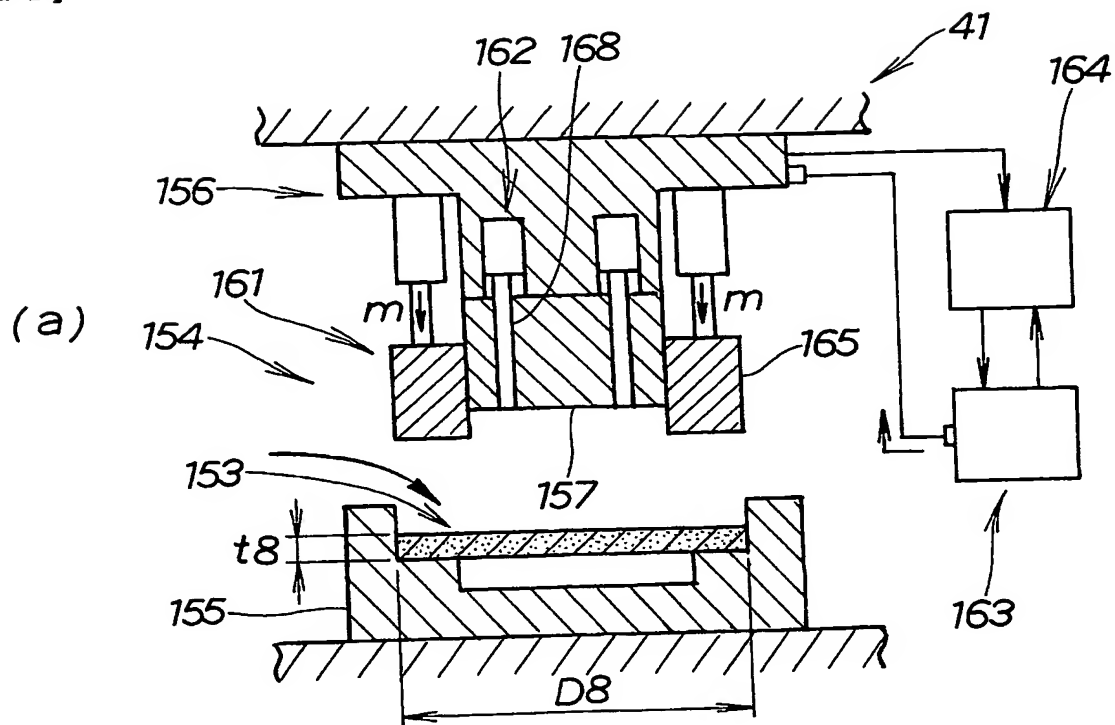
【図 19】



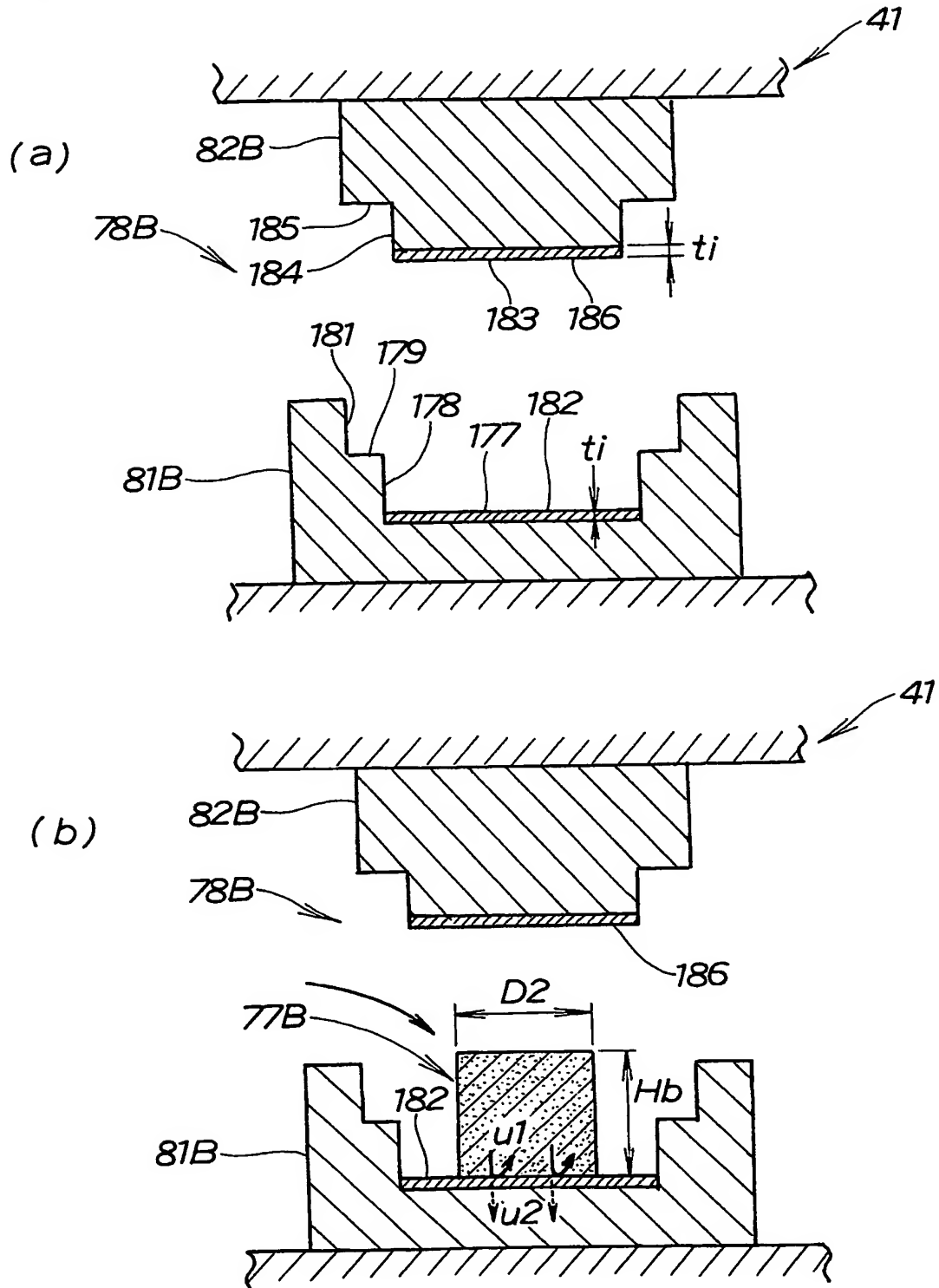
【図 20】



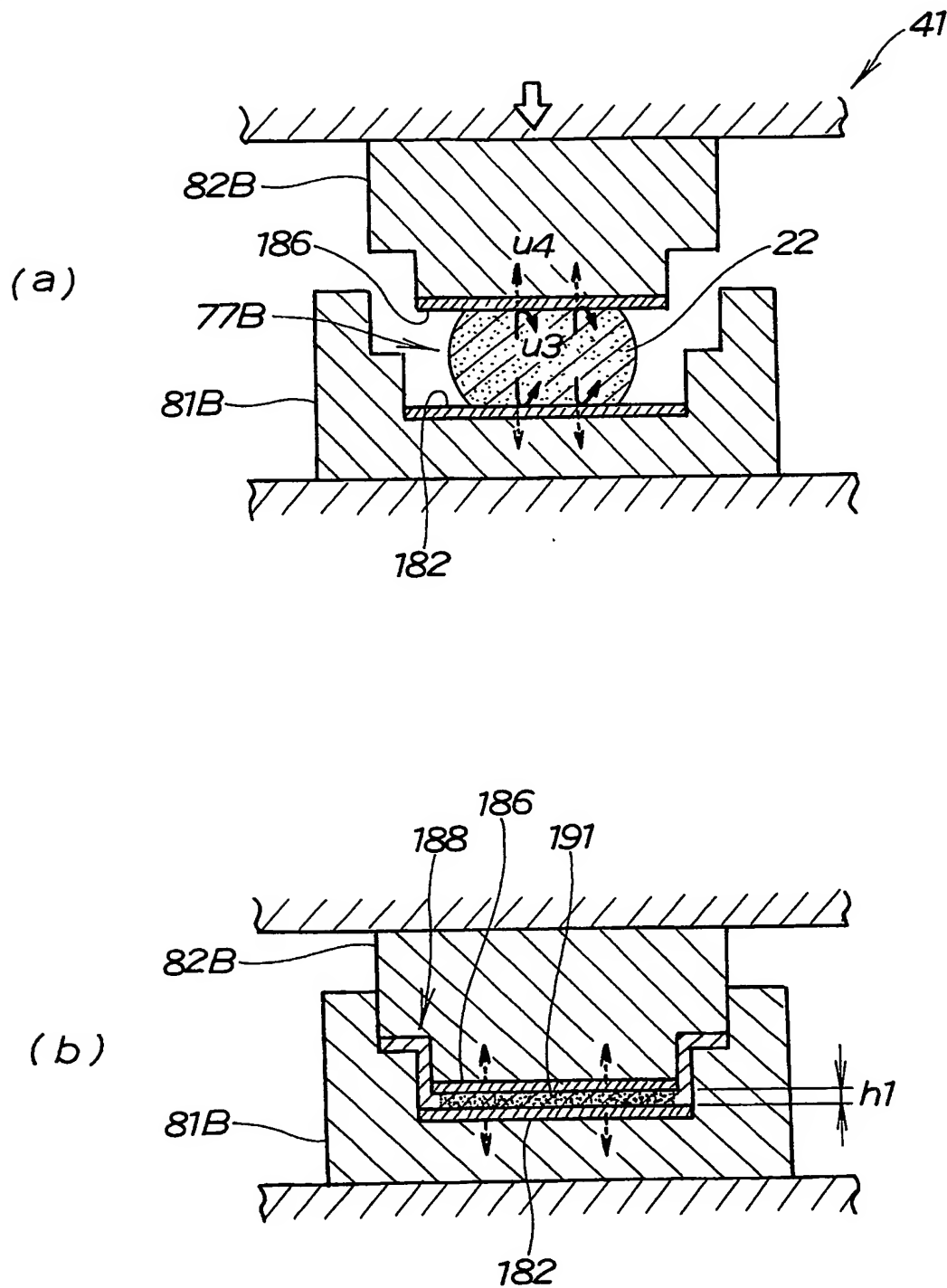
【図 21】



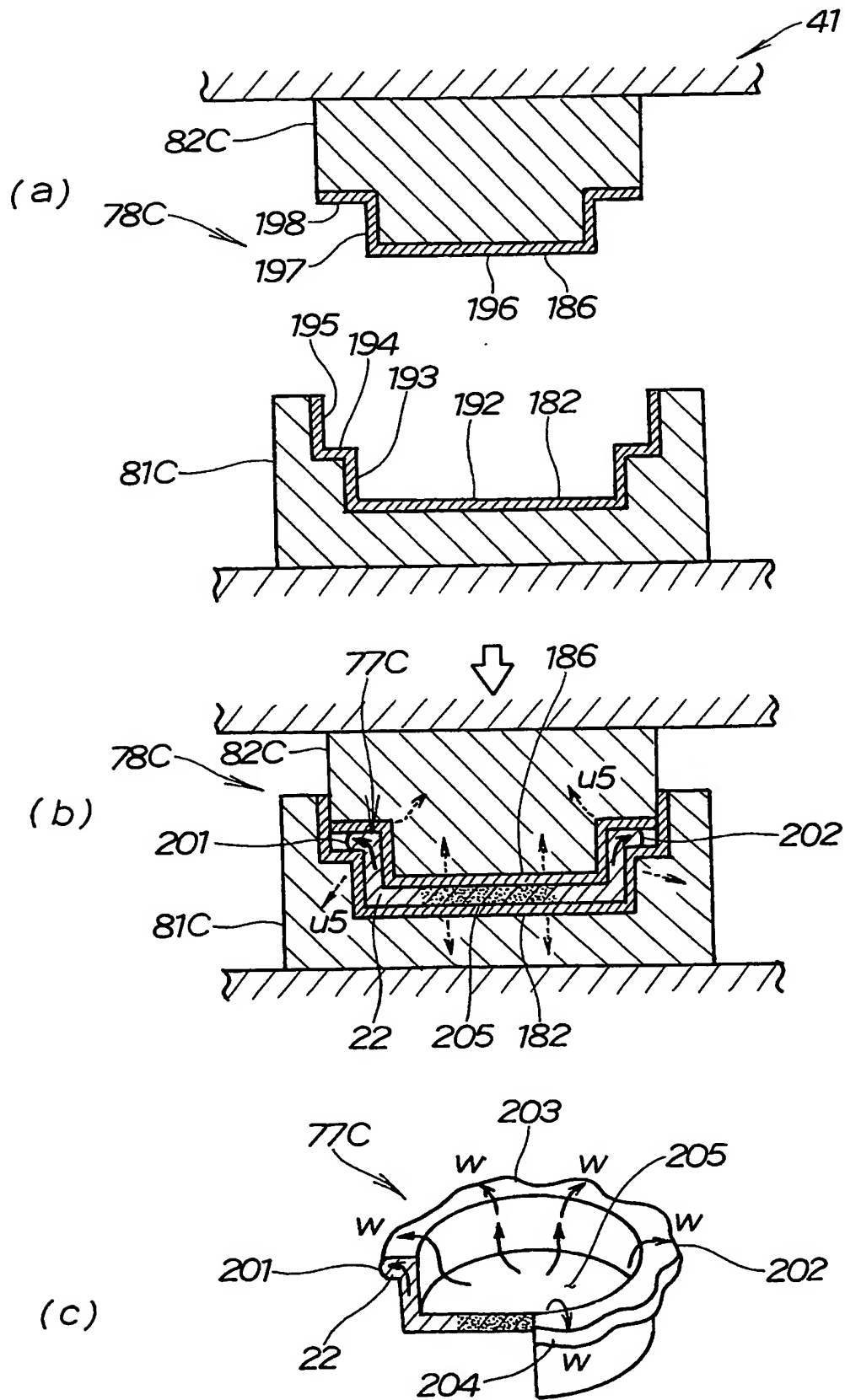
【図 23】



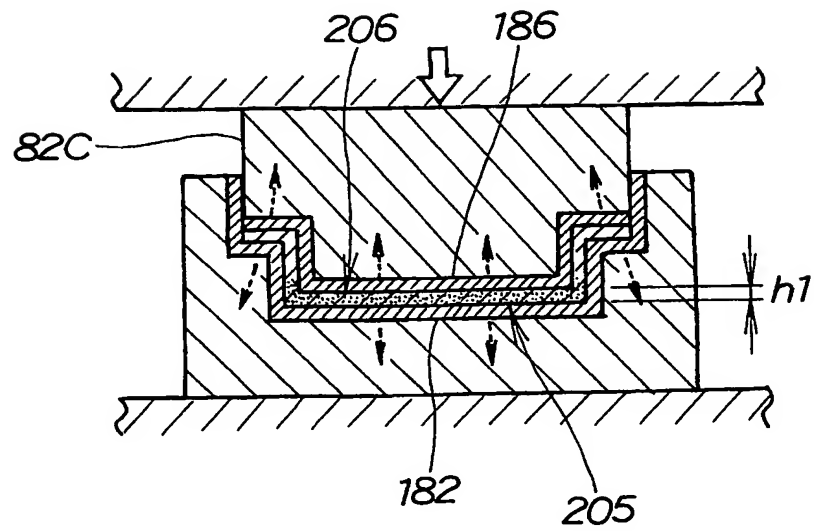
【図 24】



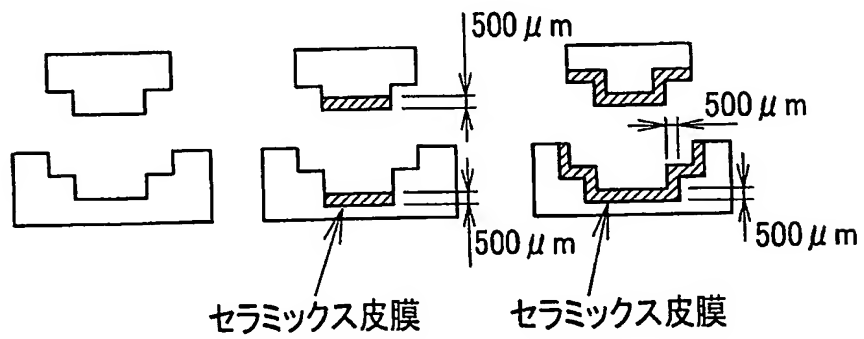
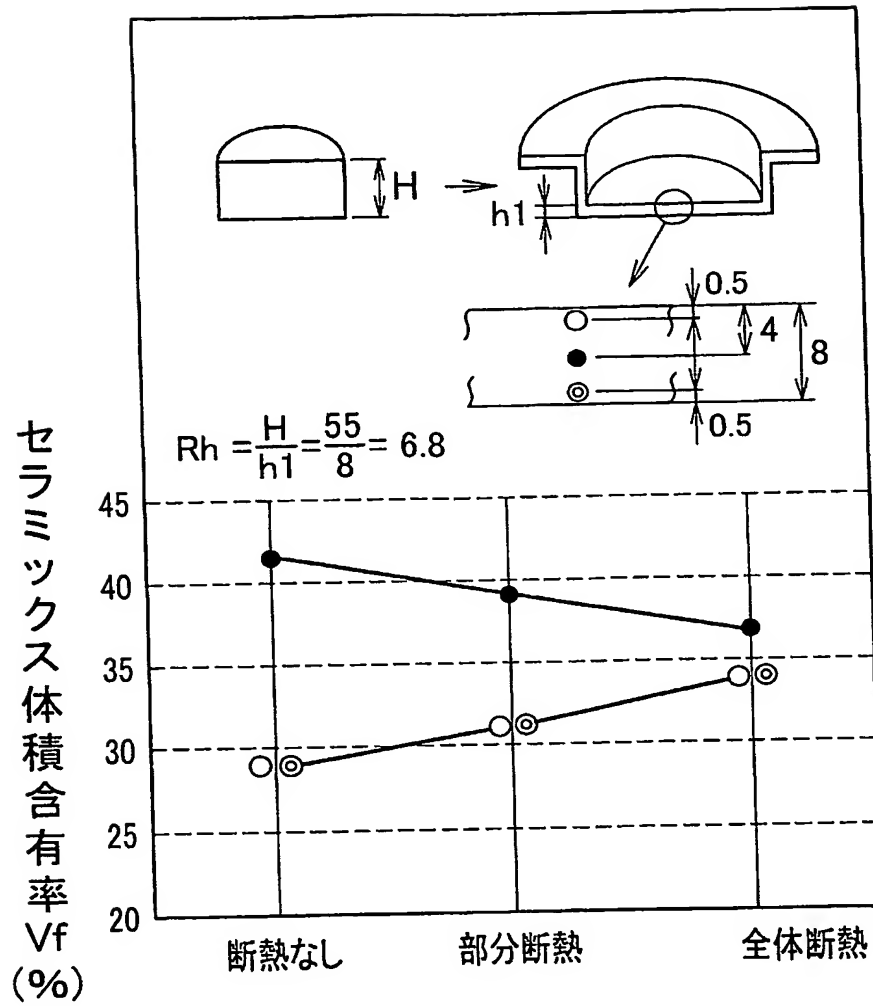
【図 25】



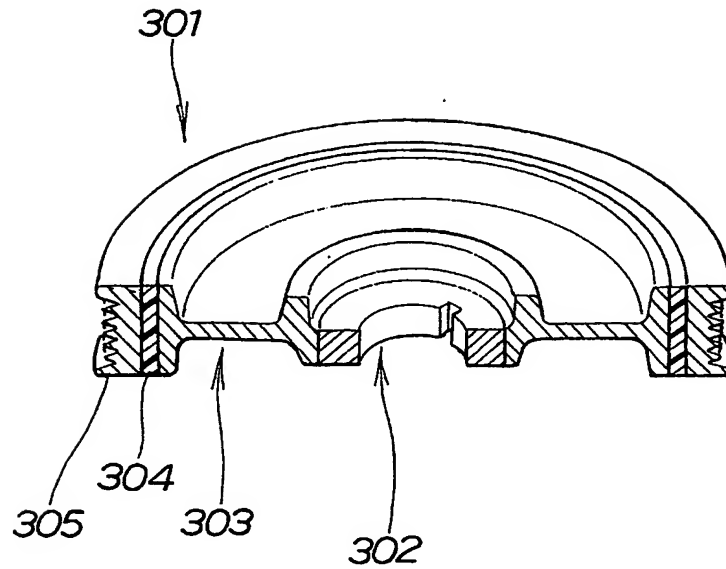
【図 26】



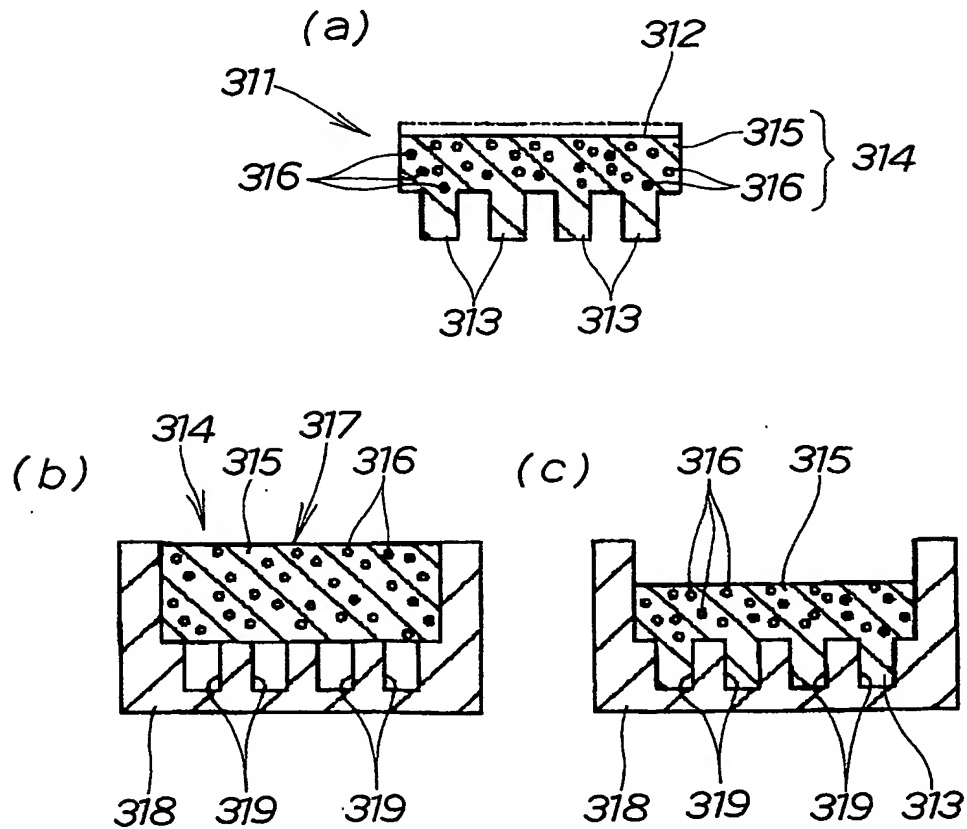
【図 27】



【図 28】



【図 29】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 セラミックス体積含有率を成形品の部位別に異ならせた金属基複合材製成形品をより容易に製造することができる技術を提供することを課題とする。

【解決手段】 金属基複合材製成形品の成形方法は、マトリックスがアルミニウム合金 22 で、補強材がセラミックスで、セラミックスはアルミナの凝集体 21 である金属基複合材料を用いて第 2 ビレット 77 を加工し、この第 2 ビレット 77 を所定温度に加熱し、この所定温度の第 2 ビレット 77 を金型 78 で加圧して第 2 の成形品 68 を成形する際に、成形前のビレット高さを Hb 、成形後のビレット高さを $h1$ とし、 $(Hb/h1)$ を圧縮比と定め、圧縮比を第 2 の成形品 68 の中央部に位置する締結部 72 と周縁部に位置する摺動部 74 との間で変えることで、第 2 の成形品 68 のセラミックス体積含有率を締結部 72 と摺動部 74 との間で異ならせる。

【選択図】 図 10

特願 2 0 0 4 - 0 1 2 3 8 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 3 2 6]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 9 月 6 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区南青山二丁目 1 番 1 号

氏 名

本田技研工業株式会社

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/019814

International filing date: 27 December 2004 (27.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-12381
Filing date: 20 January 2004 (20.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 17 February 2005 (17.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.